

UNIVERZITET METROPOLITAN
FAKULTET ZA PRIMENJENU EKOLOGIJU FUTURA

Ivan V. Prohaska

**UTICAJ PUTNIČKIH VOZILA NA
ZAGAĐENJE URBANIH EKOSISTEMA**

doktorska disertacija

Beograd, 2024.

UNIVERSITY METROPOLITAN
FACULTY OF APPLIED ECOLOGY FUTURA

Ivan V. Prohaska

**IMPACT OF PASSENGER VEHICLES ON
THE POLLUTION OF URBAN
ECOSYSTEMS**

PhD dissertation

Belgrade, 2024.

KOMISIJA ZA ODBRANU I OCENU DOKTORSKE DISERTACIJE

MENTOR:

dr Vladica Ristić, redovni profesor

Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Metropolitan

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Sunčica Vještica, vanredna profesorka

Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Metropolitan

dr Nebojša Stefanović, viši naučni saradnik

Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije

DATUM ODBRANE:

Beograd, _____ 2024. godine

ZAHVALNICA

Doktorsku disertaciju posvećujem svojim roditeljima Bosiljki i Vladimiru, bratu Miljenku, koji su uložili beskrajnu ljubav, veru i trud tokom svih ovih godina.

Veliku zahvalnost za podršku, savete i sugestije tokom istraživanja i procesa izrade doktorske disertacije dugujem:

- Mentoru dr Vladi Ristiću, redovnom profesoru na Fakultetu za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Metropolitan,
- dr Sunčici Vještici, vanrednoj profesorki na Fakultetu za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Metropolitan, članici komisije
- dr Nebojši Stefanoviću, višem naučnom saradniku u Institutu za arhitekturu i urbanizam Srbije, članu komisije.

Zahvaljujem se rodbini i prijateljima na podršci tokom izrade doktorske disertacije.

REZIME

Danas se sve više priznaje da zagađenje vazduha šteti ljudskom zdravlju. Povećanje broja privatnih vozila na godišnjem nivou na teritoriji Beograda ima ogroman uticaj na životnu sredinu, uključujući i zagađenje vazduha. Dakle, korišćenje privatnih vozila treba smanjiti kako bi se održao zadovoljavajući nivo kvaliteta vazduha. Upotreba privatnih vozila se može limitirati tako što će se ponuditi adekvatan javni prevoz. Ovaj rad ima za cilj da istraži smanjenje zagađivača, odnosno emisija CO, NO_x, PM i HC, koje nastaju manjom upotrebom privatnih vozila te većom upotrebom sredstava javnog prevoza, u ovom slučaju autobusa, trolejbusa i tramvaja. Rezultati pokazuju da postoji 78% korisnika privatnih vozila koji su spremni da pređu na korišćenje usluga javnog prevoza, ukoliko se infrastruktura ovog vida prevoza značajno poboljša. Dalje, potrebno je primeniti efikasne strategije za ublažavanje uticaja za značajne zajedničke koristi za životnu sredinu i zdravlje. Predlaže se validan pristup za smanjenje uticaja zagađenja vazduha na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Specifične smernice su razjašnjene tako što su se razlikovale na osnovu promocije javnog prevoza, javne akcije za rekonstrukciju saobraćajnica radi smanjenja zagađenja vazduha, promocije alternativnih goriva, konkretno vodonika, upotrebe „smart“ sistema za parkiranje, te upotrebe „smart“ sistema za kontrolisanje bezbednosti i regulaciju saobraćaja. Ovaj dokument može pružiti korisne informacije zainteresovanim stranama za implementaciju strateškog plana fokusiranog na naglašavanje smanjenja emisije višestrukih zagađivača i ukupnog rizika od zagađenja vazduha koji uzrokuju putnička vozila u gradskom saobraćaju.

Ključne reči: zagađenje vazduha, smanjenje broja privatnih vozila, promocija javnog prevoza, rekonstrukcija saobraćajnica, promocija alternativnih goriva, „smart“ sistem za parkiranje, „smart“ sistem za kontrolisanje bezbednosti i regulaciju saobraćaja.

ABSTRACT

Today, it is increasingly recognized that air pollution harms human health. The annual increase in the number of private vehicles on the territory of Belgrade has a huge impact on the environment, including air pollution. Therefore, the use of private vehicles should be reduced in order to maintain a satisfactory level of air quality. The use of private vehicles can be limited by offering adequate public transport. This paper aims to investigate the reduction of pollutants, i.e. CO, NO_x, PM and HC emissions, which are caused by less use of private vehicles and more use of public transport, in this case buses, trolleybuses and trams. The results show that there are 78% of private vehicle users who are ready to switch to using public transport services, if the infrastructure of this mode of transport is significantly improved. Further, effective mitigation strategies need to be implemented for significant environmental and health co-benefits. A valid approach for reducing the impact of air pollution on the environment and human health is proposed. The specific guidelines were clarified by differentiating them based on the promotion of public transport, public actions for the reconstruction of roads to reduce air pollution, the promotion of alternative fuels, specifically hydrogen, the use of „smart“ parking systems, and the use of „smart“ systems for controlling safety and traffic regulation. This document can provide useful information to stakeholders for the implementation of a strategic plan focused on emphasizing the reduction of multi-pollutant emissions and the overall risk of air pollution caused by passenger vehicles in urban traffic.

Key words: air pollution, reduction of the number of private vehicles, promotion of public transport, reconstruction of roads, promotion of alternative fuels, „smart“ parking system, „smart“ system for controlling safety and traffic regulation.

Sadržaj

REZIME

ABSTRACT

1. UVOD.....	1
1.1 Predmet doktorske disertacije.....	1
1.2 Problem istraživanja	2
1.3 Rezultati prethodnih istraživanja	7
1.4 Ključni pojmovi	9
1.5 Određenje pojma istraživanja	9
1.5.1 Pojemno određenje predmeta istraživanja.....	10
1.5.2 Vremensko i prostorno određenje predmeta istraživanja.....	10
1.5.3 Disciplinarno određenje pojma istraživanja	10
1.6 Ciljevi istraživanja.....	10
1.7 Hipoteze istraživanja	11
1.8 Metodologija istraživanja	11
1.9 Struktura doktorske disertacije	13
2. EKOLOGIJA URBANIH EKOSISTEMA.....	15
2.1 Pojam urbanog ekosistema	16
2.1.1 Komparacija urbanih ekosistema i drugih ekosistema	17
2.1.2 Glavne karakteristike urbanih ekosistema	19
2.1.3 Koja dobra i usluge pružaju urbani ekosistemi?	20
2.1.4 Kontrola senke i temperature.....	22
2.1.5 Filtriranje vazduha	22
2.1.6 Smanjenje buke.....	23
2.1.7 Kontrola atmosferskih voda.....	24
2.1.8 Biodiverzitet i stanište divljih životinja	24
2.1.9 Rekreativne, estetske i duhovne vrednosti	25
2.1.10 Proizvodnja hrane	25
2.1.11 Pozitivni i negativni uticaji urbanih ekosistema	25
2.2 Održivost urbanog ekosistema	27
2.2.1 Percepcija gradova.....	29
2.2.2 Potencijal gradova	30
2.2.3 Ekologija i izgrađeno okruženje	31
2.2.4 Budući gradovi	33
2.2.5 Zeleno planiranje javnih prostora	34
2.2.6 Pametne zdravstvene zajednice u gradovima	35
2.2.7 15-minutni grad	37
2.2.8 Mobilnost: inteligentna, održiva i uslužna.....	38
2.2.9 Inkluzivne usluge i planiranje.....	40
2.2.10 Grad kao digitalni inovacioni ekosistem	42
2.2.11 Cirkularna ekonomija i lokalna proizvodnja u gradu	43
2.2.12 Pametne i održive zgrade i infrastruktura	45
2.2.13 Masovno učešće u izgradnji i razvoju grada.....	46
2.2.14 Gradski poslovi kroz veštačku inteligenciju	48
2.2.15 Sajber bezbednost i svest o privatnosti u gradu.....	49
2.2.16 Nadzor i predikcija policije pomoću veštačke inteligencije	51
2.3 Zagađenja urbanih ekosistema kroz istoriju.....	53
2.3.1 Istorija zagađenja bukom.....	54
2.3.2 Izvori zagađenja bukom.....	57
2.3.3 Posledice zagađenja bukom.....	57
2.3.4 Istorija zagađenja vazduhom	58

2.3.5	Efekti urbanih toplotnih ostrva	61
2.3.6	Invazivne vrste.....	61
3.	TIPOVI ZAGAĐENJA URBANIH EKOSISTEMA	62
3.1	Industrijsko zagađenje	62
3.1.1	Pojam industrijskog zagađenja	63
3.1.2	Industrijsko zagađenje u EU	64
3.1.2.1	Zagađenje vazduha.....	66
3.1.2.2	Zagađenje otpadom	69
3.1.2.3	Zagađenje zemljišta i tla.....	70
3.1.2.4	Zagađenje vode/slatke vode, mora i obale	71
3.1.3	Industrijsko zagađenje u Srbiji	72
3.2	Saobraćajno zagađenje.....	74
3.3	Potrošnja energije u gradskom saobraćaju.....	75
3.4	Izduvni gasovi u gradskim sredinama	76
3.5	Buka kao komponenta saobraćajnog zagađenja.....	78
3.6	Posledice zagađenja urbanih ekosistema.....	79
3.6.1	Posledice zagađenja vazduha.....	79
3.6.1.1	PM _{2,5}	80
3.6.1.2	PM ₁₀	83
3.6.1.3	O ₃	84
3.6.1.4	NO ₂	85
3.6.1.5	Ugljen monoksid	86
3.6.1.6	Jedinjenja ugljovodonika	87
3.6.2	Posledice zagađenja vode	88
3.6.2.1	Uticaj na javno zdravlje	88
3.6.2.2	Uticaj na životnu sredinu	89
3.6.3	Posledice zagađenja zemljišta i tla	90
3.6.3.1	Ljudi.....	90
3.6.3.2	Životinje.....	91
3.6.3.3	Životna sredina.....	91
3.6.4	Posledice zagađenja otpadom	92
3.6.4.1	Klimatske promene	93
3.6.4.2	Divlje životinje.....	93
3.6.4.3	Javno zdravlje	94
4.	PUTNIČKI SAOBRAĆAJ KAO FAKTOR ZAGAĐENJA URBANIH EKOSISTEMA	95
4.1	Trend razvoja putničkih vozila u urbanim ekosistemima	95
4.1.1	Standardi performansi emisije CO ₂ za automobile i kombije.....	95
4.1.2	Povećanje broja sportskih terenskih vozila i povećana prosečna masa	99
4.2	Broj putničkih vozila u EU i Srbiji (vremenska retrospektiva)	101
4.2.1	Broj putničkih vozila u EU	101
4.2.1.1	Veličina flote.....	102
4.2.1.2	Prosečna starost.....	102
4.2.1.3	Tip goriva.....	103
4.2.1.4	Stope motorizacije.....	103
4.2.2	Broj putničkih vozila u Srbiji	104
4.3	Zagađenje od strane putničkih vozila u gradovima	105
4.3.1	Vozila koja emituju visoke koncentracije izduvnih gasova.....	107
4.3.2	Sekundarni zagađivači	108
4.3.3	Relevantnost emisija bez izduvnih gasova	109
4.4	Primeri zagađenja urbanih ekosistema putničkim saobraćajem u svetu	111
4.4.1	Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Delhi, Indija.....	111
4.4.2	Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Daku, Bangladeš.....	114

4.4.3	Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Skoplje, Severna Makedonija	116
4.4.4	Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Sarajevo, Bosna i Hercegovina.....	117
4.5	Primeri zagađenja urbanih ekosistema putničkim saobraćajem u Srbiji	119
4.5.1	Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Beograd	119
4.5.1.1	Smanjenje emisije izduvnih gasova (CO, NO _x , PM, HC)	121
4.5.1.2	Faktori koji utiču na izbor javnog prevoza.....	122
4.5.1.3	Uzroci zagađenja.....	123
4.5.1.4	Podaci o očitavanju	124
4.5.2	Analiza i statistika kvaliteta vazduha za ostale gradove u Srbiji	125
5.	MERE ZA SMANJENJE ZAGAĐENJA OD STRANE PUTNIČKOG SAOBRAĆAJA U URBANIM EKOSISTEMIMA	126
5.1	Promocija javnog prevoza	128
5.1.1	Uticaj javnog prevoza na rast zaposlenosti.....	129
5.1.2	Uticaj javnog prevoza na rast ekonomskog razvoja	132
5.1.3	Uticaj javnog prevoza na eliminaciju klimatskih promena na mikro nivou	135
5.1.3.1	Smanjenje klimatskih promena povećava upotrebu javnog prevoza	135
5.1.3.2	Primeri mera prilagođavanja klimatskim promenama integrisanih u sisteme masovnog tranzita	137
5.1.4	Uticaj javnog prevoza na životnu sredinu.....	139
5.1.5	Uticaj javnog prevoza na bolju bezbednost na putu	140
5.2	Javna akcija za rekonstrukciju saobraćajnica, u cilju smanjenja zagađenja	142
5.2.1	Raskrsnica sa paralelnim tokom	142
5.2.1.1	Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na tradicionalne raskrsnice	143
5.2.1.2	Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na tradicionalne petlje... ..	143
5.2.1.3	Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na raskrsnicu kontinuiranog protoka	144
5.2.1.4	Prednost raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na modernu kružnu raskrsnicu	144
5.2.2	Raskrsnica sa kontinualnim protokom.....	145
5.2.3	Kontrole oticanja	146
5.2.4	Skretanje udesno.....	146
5.3	Promocija alternativnih goriva (vodonik)	147
5.3.1	Prednosti upotrebe vodoničnog goriva	148
5.3.2	Nedostaci upotrebe vodoničnog goriva	150
5.3.3	Komparacija vozila na pogon vodoničnim gorivnim ćelijama sa električnim vozilima	151
5.3.4	Upotreba vodonika u sredstvima javnog prevoza.....	154
5.4	Upotreba „smart“ sistema za parkiranje	156
5.4.1	Neefikasan sistem za parkiranje zagađuje gradove	156
5.4.2	Izazovi „smart“ sistema za parkiranje	157
5.4.3	„Smart“ sistem za parkiranje je rešenje za rastuće zagađenje	159
5.4.4	Opis načina smanjenja emisije izduvnih gasova.....	162
5.4.5	Primeri iz prakse.....	163
5.5	Upotreba „smart“ sistema za kontrolisanje bezbednosti i regulaciju saobraćaja.....	164
5.5.1	Inteligentni transportni sistemi	164
5.5.1.1	Elementi inteligentnog sistema upravljanja saobraćajem	165
5.5.1.2	Šest karakteristika koje globalni gradovi traže u sistemima upravljanja saobraćajem.....	167
5.5.1.3	Video sistemi za detekciju saobraćaja sa mogućnostima edge računarstva....	167
5.5.1.4	Napredna analiza bezbednosti i zagađenja.....	169
5.5.1.5	Prediktivno planiranje saobraćaja	170

5.5.1.6	Pametno upravljanje raskrsnicama.....	170
5.5.1.7	Elektronsko određivanje putarine i naplata putarine.....	171
5.5.1.8	Pametna integracija parkinga	172
5.5.2	Autonomna vozila.....	172
5.5.2.1	Emisija izduvnih gasova autonomnih vozila.....	174
5.5.2.2	Efikasnost autonomnih vozila	174
5.5.2.3	Uticaj autonomnih vozila na saobraćaj	175
5.5.2.4	Uticaj autonomnih vozila na navike vozača.....	176
5.5.3	Niskopodni tramvaji	177
5.5.3.1	Savremeno shvatanje šinskih vozila.....	177
5.5.3.2	Učestalija usluga prevoza.....	178
5.5.3.3	Zelena električna energija	179
5.5.3.4	Čisto i tiho.....	179
5.6	Upotreba klasičnih i električnih bicikala, motocikala i električnih trotineta	180
5.6.1	Uticaj klasičnih bicikala na smanjenje zagađenja.....	180
5.6.2	Uticaj klasičnih motocikala na smanjenje zagađenja.....	181
5.6.3	Uticaj električnih motocikala na smanjenje zagađenja.....	182
5.6.4	Uticaj električnih bicikala i trotineta na smanjenje zagađenja.....	183
5.6.4.1	Uticaj električnih bicikala na smanjenje zagađenja	183
5.6.4.2	Uticaj električnih trotineta na smanjenje zagađenja.....	186
6.	ZAKLJUČAK.....	189
7.	LITERATURA.....	193

1. UVOD

Ekonomski razvoj čovečanstva, tehničko-tehnološke inovacije, povećanje ljudske populacije na globalnom nivou, uslovile su povećanu industrijsku proizvodnju, ali i povećan obim usluga u oblasti uslužnog sektora. Iz razloga permanentnog povećanja broja stanovnika, potrebe čovečanstva su sve izraženije. Nezavisno da li se radi o potrebama u hrani, vodi, odeći, obući, higijenskim uslovima i tome slično, svi nabrojani faktori iziskuju povećan obim proizvodnje i veće iskorišćenje prirodnih resursa. Usled povećanja globalne proizvodnje i potrošnje, ekološka slika naše planete nije dobra. Industrijalizacija se nije na svim meridijanima odvijala ravnomerno i istovremeno. U nekim delovima sveta su trenutno primenjena moderna, ekološki prihvatljiva tehnička rešenja u industriji, a u drugim delovima sveta je industrija tek u povoju i još uvek slovi za dominantnog zagađivača. Generalno govoreći, svet je u velikoj ekološkoj krizi i samo sistemski pristup tim problemima, beneficije za korišćenje održivih proizvoda i obrazovanje stanovništva mogu doprineti da se poboljša globalna situacija.

Na teritoriji Evrope, a prema nekim izvorima i na globalnom nivou, Beograd spada među zagađenije gradove. Razni tipovi industrija, veliki promet vozila, su činioci koji utiču da vazduh u Beogradu bude veoma zagađen. To nas navodi na temu uticaja putničkih vozila na zagađenje urbanih ekosistema. Na teritoriji naše zemlje su, da bi se redukovalo potencijalno zagađenje, sprovedene određene mere koje su zabranile uvoz vozila koja ne zadovoljavaju ekološke standarde, kako bi se situacija sa izduvnim gasovima iz putničkih vozila stabilizovala na nivou čitave države. Sa prosečnom starošću putničkih vozila od približno 17,1 godine na teritoriji Republike Srbije, može se reći da naša zemlja ima probleme sa regulacijom emisije izduvnih gasova. Postoje razne varijante na osnovu kojih bi se ovaj problem mogao rešiti, a doktorska disertacija ima za cilj da dubinski proanalizira i ponudi sugestije vezane za uticaj putničkih vozila na zagađenje urbanih ekosistema.

1.1 Predmet doktorske disertacije

Vazduh u urbanim sredinama naše zemlje je zagađen. Zagađenja vode poreklo od saobraćaja, od industrije, ali i od poljoprivrednih delatnosti koje se odvijaju neposredno uz urbane sredine. Evidentno je da je u poslednje vreme zagađenost vazduha u većim gradovima Republike Srbije velika, kako usled delovanja neorganskih, tako i usled

delovanja organskih zagađivača. U poslednjih nekoliko meseci, svedoci smo tendencije sve lošijih indikatora o kvalitetu vazduha u gradovima Republike Srbije, prevashodno u Beogradu kao i u ostalima gradovima u kojima je razvijena industrija (pretežno teška industrija, npr. Smederevo, Bor, Pančevo). Treba istaći da nerešene situacije sa uništavanjem određenih vrsta otpada, kao i emisija određenih produkata sagorevanja u vazduh negativno utiču na kvalitet vazduha. S obzirom na to da je Republika Srbija zemlja kandidat za članstvo u Evropskoj uniji (EU - European Union), a da se u pregovorima najviše poglavlja tiče konkretno ekologije i zaštite životne sredine (npr. poglavlje 27), nema sumnje da je imperativ ili bar jedan od njih, zapravo zaštita vazduha od zagađenja.

Jedan od najvažnijih aspekata vezanih za određivanje potencijalnog stanja saobraćaja u doglednom vremenu, jeste upravo zaštita životne sredine. Trebalo bi se fokusirati na najvažnije podatke, koji su vezani za sam razvoj saobraćaja, u bliskoj ili daljoj budućnosti, a sve prema standardima EU.

Neizostavno treba napraviti liniju razdvajanja koja deli naučna dostignuća primenljiva u datoj oblasti, ali treba obuhvatiti i administrativne prepreke (birokratija). Činjenica je da se nauka razvija, ali su benefiti razvoja, po slobodnom mišljenju kandidata, neupotrebljivi, ukoliko im se ne definiše jasna namena po Zakonu. U doglednoj budućnosti malo je verovatno da će tehnološke promene, odnosno tehnološke inovacije otkloniti probleme vezane za saobraćaj. Razvijanje multifunkcionalnih integrisanih strategija predstavlja zadatak koji se ne može izbeći.

Bez obzirana sva tehnička dostignuća, zdravlje ljudi, ali i očuvanje same životne sredine, stoji na prvom mestu. Isto tako, sve veće saobraćajne gužve na globalnom nivou, usled rasta broja stanovnika na Zemlji, a samim tim i rastom potreba za novim vozilima, postaju opasne po zdravlje učesnika u saobraćaju i drugih ljudi. Zagušenja mogu povećati rizik za pojedince koji voze bilo autoputem ili magistralnim putevima, kao i za ljude koji žive ili rade u blizini puteva.

1.2 Problem istraživanja

Određeni parametri koji jasno definišu kvalitet vazduha na teritoriji naše zemlje, regulisani su Zakonom o zaštiti vazduha. Treba istaći da ovaj zakon predstavlja jedan normativno-pravni akt, čije su izmene često neophodne, jer se shodno tehnološkom razvoju konstantno javljaju novi polutanti, koji mogu biti opasni po zdravlje ljudi, a često su organskog porekla. Sam Zakon definiše određena pravila monitoringa kvaliteta

vazduha. Prema zakonskoj definiciji, uslovi za monitoring kvaliteta vazduha na teritoriji Republike Srbije utvrđuju se od strane Vlade, na predlog Ministarstva. Aktom koji se odnosi na ovo pitanje, definišu se sledeće stavke:

- Kriterijumi za određivanje minimalnog broja mernih mesta i lokacija za uzimanje uzoraka u slučaju fiksnih merenja i u slučaju kada su fiksna merenja dopunjena indikativnim merenjima ili postupcima modelovanja. Ovi kriterijumi se koriste za određivanje broja mernih stanica za praćenje kvaliteta vazduha i za odabir lokacija na kojima će se uzimati uzorci vazduha,
- Metodologija merenja i ocenjivanja kvaliteta vazduha. Podrazumeva utvrđivanje referentnih metoda merenja i kriterijuma za ocenjivanje koncentracija zagađujućih materija u vazduhu. Ove metode se primenjuju za objektivno procenjivanje kvaliteta vazduha na osnovu merenih podataka,
- Zahtevi u pogledu podataka koji se koriste za ocenjivanje kvaliteta vazduha. Definišu se vrste podataka, njihova tačnost, periodičnost prikupljanja i način obrade podataka u svrhu ocenjivanja kvaliteta vazduha,
- Način obezbeđenja kvaliteta podataka za ocenjivanje kvaliteta vazduha prema zahtevima standarda SRPS ISO/IEC 17025. Ovaj standard se odnosi na opšte zahteve za kompetentnost laboratorija, što uključuje i laboratorije koje vrše merenja zagađujućih materija u vazduhu,
- Obim i sadržaj informacija o ocenjivanju kvaliteta vazduha. Ovde se definiše koji podaci i informacije se trebaju prikupljati, obrađivati i prezentovati u svrhu pružanja informacija o stanju kvaliteta vazduha javnosti i drugim relevantnim institucijama.

Problemi na teritoriji naše zemlje se ogledaju u rasprostranjenosti zastarelih tehnologija. Ekonomska situacija ne dozvoljava da se pojedini veliki industrijski sistemi rekonstruišu, ne postoje adekvatna tehnička rešenja, stanovništvo nije u takvom ekonomskom položaju da sebi može priuštiti ekološki prihvatljivija vozila, tako da se moraju tražiti rešenja na državnom nivou.

Glavni uzroci problema koji se tiču zagađenja vazduha na nivou naše zemlje su (Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S., 2009):

- Neusklađenost regulative. Postoji nedoslednost i neusklađenost nacionalne regulative sa Direktivama EU koje se odnose na emisiju i imisiju štetnih materija.

To može otežati primenu standarda koji su postavljeni kako bi se zaštitio kvalitet vazduha,

- Zastarela tehnologija i nedostatak postrojenja za prečišćavanje. Industrijski i energetske sektor često koristi zastarelu tehnologiju koja ima nisku energetske efikasnost i nedostatak postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova. To rezultira povećanom emisijom štetnih materija u atmosferu,
- Loš kvalitet goriva za grejanje i motornih goriva. Kvalitet goriva za grejanje i motornih goriva takođe može biti problematičan. Ako goriva sadrže visok sadržaj sumpora i drugih štetnih materija, njihovo sagorevanje dovodi do emisije zagađujućih gasova,
- Korišćenje lignita kao goriva. Termoenergetski objekti koji koriste lignit kao gorivo takođe predstavljaju problem. Sagorevanje lignita produkuje visok nivo emisije štetnih gasova i čestica koje negativno utiču na kvalitet vazduha,
- Nedostatak održavanja vozila i upotreba starih vozila. Loše održavani automobili i široka upotreba starih vozila bez katalizatora doprinose povećanoj emisiji štetnih materija u vazduh. To može biti posebno izraženo u oblastima sa lošom kontrolom emisija vozila,
- Nedostatak infrastrukture za monitoring i evidenciju. Nepostojanje nacionalnog katastra emitera gasova sa efektom staklene bašte i nepotpuna mreža za monitoring kvaliteta ambijentalnog vazduha otežavaju praćenje i kontrolu emisija štetnih materija,
- Nedostatak podsticajnih ekonomskih mera. Nedostatak adekvatnih podsticajnih ekonomskih mera za smanjenje emisija u vazduhu može smanjiti motivaciju industrije i pojedinaca da preduzmu konkretne korake u smanjenju emisija.

Za postupke i metode merenja aerozagađenja važni su sledeći propisi:

1. Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh iz postrojenja za sagorevanje („Sl. Glasnik RS“, br. 6/2016 i 67/2021). Odredbe ove uredbe primenjuju se na postrojenja za sagorevanje, koja mogu biti velika postrojenja za sagorevanje, srednja postrojenja za sagorevanje i mala postrojenja za sagorevanje. Emisija zagađujućih materija u vazduh iz postrojenja za sagorevanje utvrđuje se merenjem i/ili izračunavanjem emisionih parametara na osnovu rezultata merenja.

2. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Sl. glasnik RS“, br, 11/2010, 75/2010 i 63/2013). Nivo zagađenosti vazduha prati se merenjem koncentracija za sumpor dioksid, azot dioksid i okside azota, suspendovane čestice (PM₁₀, PM_{2,5}), olovo, benzen, ugljen monoksid, prizemni ozon, arsen, kadmijum, živu, nikl i benzo(a)piren u vazduhu instrumentima za automatsko merenje i/ili uzimanjem uzoraka i njihovom analizom.

Na nivou Republike Srbije, saobraćaj je vrlo razvijen. U oblasti uslužnih delatnosti koje su veliki faktor u formiranju domaćeg BDP-a, veliku ulogu, između ostalog, ima putnički transport. Stoga, transport se može posmatrati kao vrlo značajna privredna grana. Situacija sa brojem vozila nije nepovoljna samo na teritoriji naše zemlje, već posebno na teritoriji nama susedne Bosne i Hercegovine. Tako su u BiH dominantna ona vozila koja spadaju u kategoriju zagađivača. Najveći broj vozila na bosanskohercegovačkim saobraćajnicama ima ekološku normu Euro 3 ili je proizvedeno do 2000. godine. Taj broj iznosi preko 321.200 vozila. Nakon njih, druga najčešća kategorija su vozila sa ekološkom normom Euro 4 ili vozila proizvedena do 2005. godine, kojih ima skoro 260.000. Na trećem mestu su konvencionalna vozila proizvedena do 1991. godine, kojih je registrovano 184.000. Ove informacije ukazuju na to da postoji značajan broj starijih vozila koja ne zadovoljavaju strože ekološke standarde. Ekološke norme kao što su Euro 3 i Euro 4 postavljaju ograničenja emisija izduvnih gasova vozila, dok se starija konvencionalna vozila obično smatraju manje efikasnim i više zagađujućim. Ovi podaci mogu biti korisni za praćenje i planiranje mera za poboljšanje kvaliteta vazduha i smanjenje emisija zagađujućih materija u Bosni i Hercegovini.¹ Proporcionalno gledano, u našoj zemlji je situacija skoro identična, naročito zbog sličnog socio-ekonomskog statusa stanovništva.

Glavni problem koji ova vozila izazivaju jeste emisija štetnih gasova. Emisiju štetnih gasova čine (Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S., 2009):

- nesagoreli ugljovodonici,
- oksidi azota,
- ugljen monoksid,
- čestice,

¹ Automobili i zagađenje- kako rešiti ovaj problem: <https://www.automobili.ba/automobili-i-zagadjenje-vazduha-kako-rijesiti-ovaj-problem/>

- ugljen dioksid,
- vodene pare,
- oksidi sumpora,
- ozon,
- oksidi olova i drugih dodataka gorivima u cilju poboljšanja fizičko hemijskih karakteristika (OB, CB, niskotemperaturna i podmazujuća svojstva dizel goriva).

U gradskim sredinama saobraćaj se neprekidno intenzivira. Govoreći o Beogradu, treba istaći činjenicu da se broj stanovnika neprestano uvećava. Gradska sredina kao takva, ne može da odgovori nagomilanim izazovima, jer je infrastruktura u Beogradu projektovana za manji broj stanovnika. Česta su zagušenja u saobraćaju, koja se ne mogu rešiti zbog velikog broja vozila, a sa druge strane diskutabilan sistem funkcionisanja gradskog saobraćaja ne može da rastereti putnički saobraćaj. Saobraćaj, posebno drumski saobraćaj, zaista može imati negativne eksterne efekte koji se odnose na zagađenje vazduha, buku, gužve i nesreće. Ovi efekti često predstavljaju troškove za društvo kao celinu, a ne samo za pojedince ili organizacije koji koriste saobraćajnu infrastrukturu. Da bi se adekvatno upravljalo saobraćajem i minimizirali negativni efekti, važno je uključiti analizu eksternih efekata u razvojne i tekuće programe. Identifikacija, kvantifikacija i naplata negativnih posledica saobraćaja omogućavaju bolje razumevanje ukupnih troškova i mogu poslužiti kao osnova za preduzimanje odgovarajućih akcija. Kvantifikacija eksternih efekata omogućava merenje uticaja saobraćaja na životnu sredinu, zdravlje ljudi i društvenu dobrobit. Na primer, mogu se izračunati emisije štetnih gasova i čestica, troškovi povezani sa gužvama i vremenom putovanja, troškovi nesreća i njihov uticaj na ljudske živote i imovinu, kao i troškovi buke i narušavanja kvaliteta života. Nakon identifikacije i kvantifikacije negativnih efekata, važno je naplatiti te troškove kako bi se podstakla odgovornost i preduzele mere za smanjenje tih efekata. To se može postići kroz različite instrumente, poput plaćanja putarine, poreza na gorivo, troškova parkiranja ili upotrebe drugih saobraćajnih usluga. Ovi instrumenti mogu pružiti ekonomsku motivaciju za smanjenje upotrebe individualnih vozila, podsticanje javnog prevoza ili upotrebe održivih transportnih opcija. Analiza eksternih efekata i njihovo uključivanje u programe razvoja saobraćajne infrastrukture i politike može doprineti održivijem i efikasnijem saobraćaju, smanjenju zagađenja, poboljšanju kvaliteta života građana i stvaranju ravnoteže između ekonomskih, socijalnih i ekoloških interesa

(Mihajlović, P., Stošić, Lj., 2016). Kao odgovor na veliko zagađenje i saobraćajna zagušenja, na globalnom nivou se stvaraju sistemi koji omogućavaju regulisanje saobraćajnih gužvi, a samim tim i zagađenja.

Inteligentni transportni, odnosno saobraćajni sistemi, imaju svoje specifičnosti, a sve u zavisnosti od svoje namene. Jedan naučni rad koji se tiče ove tematike u svom nazivu govori o sistemima za adaptibilno upravljanje saobraćajem u gradskoj mreži. Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem (ASUS) predstavljaju važan element modernih platformi za inteligentne transportne sisteme (ITS). Ovi kompleksni sistemi se koriste za upravljanje radom svetlosne signalizacije duž koordiniranih koridora ili zona. Razvoj računara i novih tehnologija omogućio je stvaranje ASUS-a, koji se danas nude kao komercijalni proizvodi od strane različitih kompanija, iako su mnogi od njih prvobitno započeli kao istraživački projekti. Postoji veliki broj aktivnih ASUS-a širom sveta, koji su instalirani na različitim lokacijama, koriste različitu opremu, rade u različitim uslovima i postižu različite rezultate. Ovi sistemi se prilagođavaju promenljivim uslovima u saobraćaju koristeći informacije o gustini saobraćaja, vremenskim uslovima, događajima na putu i drugim parametrima. Na osnovu tih informacija, ASUS može prilagoditi vremena ciklusa semafora i koordinirati rad svetlosne signalizacije kako bi se postigla optimalna protočnost saobraćaja i smanjile gužve. Rezultati ASUS sistema mogu varirati u zavisnosti od mnogih faktora, kao što su efikasnost algoritama za prilagođavanje, kvalitet i tačnost prikupljenih podataka, pouzdanost opreme i infrastrukture, kao i integrisanost sistema sa drugim ITS komponentama. Takođe, uspeh ASUS-a može zavisi i od lokalnih uslova, saobraćajnih karakteristika, prometnih šema i ciljeva upravljanja saobraćajem na određenom području (Radivojević, D., Stanković, S., Čelar, N., Vukanović, S., 2017). O ASUS platformama, kao i o GPS (Global Positioning System) i GIS (Geographic Information System) sistemima, može se opširno govoriti jer to je složena problematika koja se sve više razvija. Međutim, ovo sagledavanje rada ima za cilj da istakne najvažnije praktične odrednice ovakvih platformi i da ih predstavi javnosti.

1.3 Rezultati prethodnih istraživanja

Uticaj putničkih vozila na zagađenje vazduha je predmet mnogih istraživanja. Naime, treba istaći podatak da je drumski saobraćaj izuzetno velik zagađivač zbog emisije ugljen dioksida. Drumski saobraćaj predstavlja jedan od najvećih izvora zagađenja

vazduha. Emisija zagađujućih supstanci koje nastaju tokom procesa sagorevanja pogonskih goriva kao što su benzin, dizel i tečni naftni gas, doprinose zagađenju vazduha. Između 80% i 90% ukupne emisije CO₂ koja potiče iz saobraćaja dolazi upravo iz drumskog saobraćaja. Kada se koriste motorna vozila, dolazi do sagorevanja benzina i drugih naftnih derivata u motorima, što rezultira emitovanjem štetnih supstanci u vazduh. Ove supstance uključuju čađ, azotne okside (NO_x), ugljen monoksid (CO) i druge. Pored toga, emisija vozila može sadržavati i druge zagađujuće materije kao što su suspendovane čestice (PM), benzen (C₆H₆), sumpor dioksid (SO₂) i isparljiva organska jedinjenja (VOC). Ove emisije imaju negativan uticaj na kvalitet vazduha i ljudsko zdravlje. Čestice i azotni oksidi mogu doprineti formiranju smoga i izazvati respiratorne probleme, iritaciju očiju i smanjenje vidljivosti. Ugljen monoksid je otrovan gas koji može biti posebno opasan u zatvorenim prostorima. Takođe, emisija CO₂ iz vozila doprinosi globalnom zagrevanju i klimatskim promenama.²

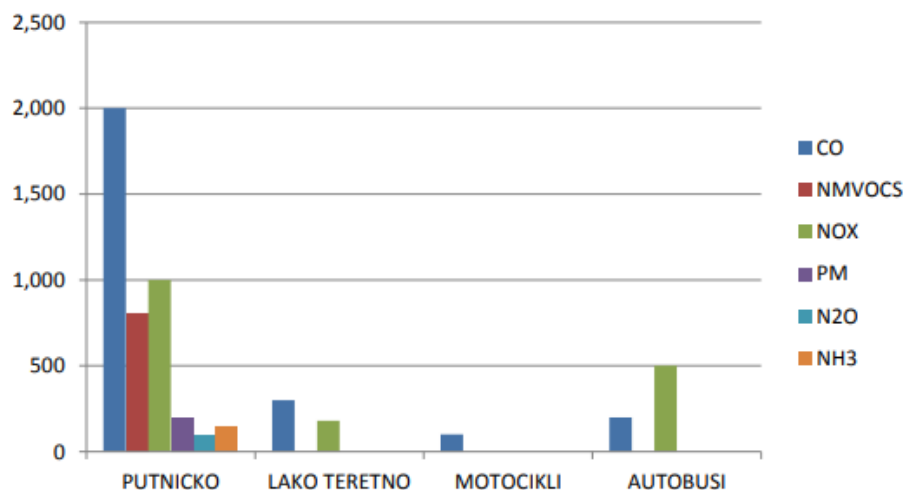
Na nivou naše zemlje, drumski saobraćaj i uticaj te vrste saobraćaja je analiziran na primeru grada Niša. U tom istraživanju došlo se do sledećih podataka. U tabeli 1. i grafiku 1. su prikazani podaci vezani za analizu izduvnih gasova po tipovima vozila.

Tabela 1. Emisija zagađujućih supstanci putničkih vozila, lakih teretnih vozila, motocikla i autobusa prema vrsti pogonskog goriva na posmatranoj lokaciji u datom vremenu (Vranjanac, Ž., Stojanović, J., 2015)

EMISIJA [g]	CO	NMVOCS	NOX	PM	N ₂ O	NH ₃
VRSTA VOZILA						
PUTNICKO	16894,8	2009,7	2943,4	92,7	153,7	65,6
LAKO TERETNO	410,1	46,06	222	33,4	1,2	0,42
MOTOCIKLI	171,5	39,9	3,3	0,9	0,02	0,02
AUTOBUSI	255,3	50,2	1167,4	37,5	1,9	4,7

² Uticaj zagađenog vazduha na život ljudi:

http://www.greenhome.co.me/fajlovi/greenhome/attach_fajlovi/lat/glavne-stranice/2018/12/pdf/Uticaj_zagadenog_vazduha_na_zivot_ljudi.pdf



Grafik 1. Emisija zagađujućih supstanci putničkih vozila (Vranjanac, Ž., Stojanović, J., 2015)

Takođe, proučavana je i veza potencijalnog vremena parkiranja sa smanjenjem eventualnog zagađenja od saobraćaja. Iako izgleda da faktori poput dužine putovanja, učestalosti parkiranja i ličnih prioriteta ne utiču direktno na traženje parking mesta, oni indirektno igraju ulogu kroz strategiju traženja. Takođe se pokazuje da upotrebom racionalne politike parkiranja može doći do značajnih smanjenja emisije gasova staklene bašte i zagađivača, čak i samo na primeru jutarnjeg vršnog časa. Zato je važno razmotriti ove faktore prilikom planiranja politika parkiranja radi smanjenja negativnih uticaja na životnu sredinu (Momčilović, V., Simičević, J. , 2018).

1.4 Ključni pojmovi

Ključni pojmovi u ovom istraživanju su:

- emisija gasova iz putničkih vozila,
- zagađenje vazduha,
- urbani ekosistemi,
- vozila na alternativni pogon,
- javni prevoz,
- rekonstrukcija saobraćajnica.

1.5 Određenje pojma istraživanja

Pojam istraživanja se određuje pomoću:

- pojmovnog određenja,
- vremenskog i prostornog određenja i

- disciplinarnog određenja.

1.5.1 Pojemno određenje predmeta istraživanja

Istraživanje se odnosi na uticaj putničkih vozila na zagađenje urbanih ekosistema. Pojam putničkih vozila se odnosi na vozila vrste M koja su namenjena prevozu putnika. Ova vozila imaju najviše devet sedišta, uključujući i sedišta za vozača. Sa druge strane, zagađenje predstavlja svako remećenje balansa fizičko-hemijskih parametara vazduha. Urbani ekosistem predstavlja prostor gde oslobođeno zemljište čovek nije iskoristio za formiranje poljoprivrednih površina, nego je to zemljište iskoristio da bi podigao naselja, puteve ili fabrike. Predviđanjem promena i usmeravanjem procesa u prostornom sistemu postavljaju se temelji za postizanje optimalnog razvoja i poboljšanje kvaliteta života ljudi (Maksin,M., Ristić,V., 2020).

1.5.2 Vremensko i prostorno određenje predmeta istraživanja

Predmet istraživanja je vezan za širi nivo posmatranja. Kroz istraživanje će biti korišćen koncept piramide, a sam uticaj će biti proanaliziran na globalnom, kontinentalnom i nacionalnom nivou.

Vremensko određenje predmeta istraživanja se orijentiše na podatke koji postoje u prve dve decenije 21. veka. Trebalo bi istaći da će se koristiti svi mogući dostupni podaci, naučni radovi, ali i podaci iz određenih udžbenika.

1.5.3 Disciplinarno određenje pojma istraživanja

Specifičnost teme doktorske disertacije se ogleda u interdisciplinarnosti između oblasti mašinstva i oblasti zaštite životne sredine.

1.6 Ciljevi istraživanja

Ciljevi istraživanja su:

- Ustanoviti stepen upotrebe tradicionalnih i savremenih rešenja motora putničkih vozila. Vezano za upotrebu savremenih vozila, takođe treba ustanoviti i stepen edukovanosti ljudi o benefitima alternativnih izvora energije koji mogu pokretati putnička vozila,
- Ustanoviti parametre uspešnosti zakonskih odredbi o motornim vozilima kojima se redukuje zagađenje. S obzirom na različit stepen razvijenosti određenih

zemalja, odnosno regiona, u području inovacija vezanih za sprečavanje zagađenja od strane putničkih vozila, na teritoriji naše zemlje se problem posmatra drugačije,

- Utvrditi korelaciju primene savremenih rešenja u pogledu održivosti putničkih vozila i očuvanja životne sredine urbanih sistema,
- Utvrditi mogućnosti rekonstrukcije saobraćajnica u velikim gradovima (npr. Beogradu), koje bi doprinele smanjenju saobraćajnog opterećenja, prekomernog zadržavanja na raskrsnicama i omogućavanja bržeg protoka vozila (koncept sa što više skretanja udesno),
- Ustanoviti stepen efikasnosti primene električnih i hibridnih vozila i povezati njihovu upotrebu sa vozilima sa vodonikom kao pogonskim gorivom, kao krajnjim ciljem.

1.7 Hipoteze istraživanja

H₁: Adekvatna javna politika i promovisanje javnog prevoza značajno utiče na smanjenje saobraćajnih zagađenja u urbanim ekosistemima,

H₂: Korišćenje „smart“ rešenja u oblasti putničkog saobraćaja u urbanim ekosistemima bi znatno uticalo na smanjenje zagađenja u gradovima,

H₃: Regulisanje politike parkiranja u svim gradovima Republike Srbije bi uticalo na smanjenje zagađenja od strane putničkih vozila (*park and ride concept*),

H₄: Upotreba električnih i hibridnih putničkih vozila je prelazno rešenje ka konačnom korišćenju vozila sa vodonikom kao pogonskim gorivom,

H₅: Rekonstrukcija saobraćajnih tokova u smislu manjeg opterećenja saobraćaja (skretanje udesno) značajno utiče na smanjenje zagađenja u urbanim ekosistemima.

1.8 Metodologija istraživanja

Kada se govori o metodama istraživanja, biće korišćene opšte naučne metode, kao i metode koje se koriste za prikupljanje podataka, ali i osnovne metode znanja i istraživanja.

Predmet i ciljevi postavljeni u ovom radu zahtevaju korišćenje različitih naučnih metoda istraživanja: osnovnih i opštenaučnih.

Osnovne naučne metode koje će biti zastupljene tokom istraživanja odnose se na metode indukcije i dedukcije, analize i sinteze, generalizacije i specijalizacije, apstrakcije i konkretizacije.

Indukcija i dedukcija su nezaobilazne naučne metode za izvođenje opštih zaključaka iz analiziranog sadržaja i usvajanje preporuka za unapređenje stanja u sferi zaštite životne sredine od izduvnih gasova putničkih vozila.

Analiza, kao osnovna logička metoda u ovom radu će biti primenjena u svim tematskim celinama, kako bi se rasvetlili svi aspekti neophodnosti korišćenja konvencionalnih putničkih vozila.

Sintetički metod je neophodan u svim delovima istraživanja radi povezivanja analiziranih pojava u celovit prikaz uzroka i posledica koje karakterišu proces zagađenja životne sredine.

Od opštenaučnih metoda istraživanja najviše će biti korišćene: hipotetičko-deduktivna metoda, statistička i komparativna metoda.

Hipotetičko-deduktivna metoda je iskustvena metoda koja kao osnovu ima celokupno naučno i društveno iskustvo. Uopštavanje stavova predstavlja krajnji cilj ove metode.

Statistička metoda, kao opštenaučna metoda, bavi se istraživanjem masovnih pojava, induktivnim zaključivanjem i kreiranjem generalizacija kojima se dolazi do saznanja za koja se može reći da su verovatna. Posebna odlika ove metode je što se preko pojedinačnog i posebnog saznaje opšte.

Komparativna metoda se svodi na poređenje čiji je predmet identičnost, sličnost ili različitost iste pojave u različitim vremenima i prostorima. Komparativni metod je važan za dobijanje šire slike o uticaju poimanja interne kontrole u privrednom sistemu. Saznanja dobijena ovom metodom, mogu dovesti do značajnih zaključaka o tome koji faktori pogoduju, odnosno ne pogoduju procesu unapređenja stanja životne sredine koja je izložena preteranom intenzitetu saobraćaja.

Metode prikupljanja podataka – kao glavna metoda prikupljanja i obrade podataka koriste se studije slučaja rađene na teritoriji zemalja širom sveta.

Studija slučaja predstavlja analitički metod za proučavanje konkretne realne situacije ili zamišljenog scenarija. Ovom metodom će se opisati parametri bitni za ovu tematiku.

Osim studije slučaja, kao metoda za prikupljanje podataka biće korišćena analiza sadržaja.

Izvori informacija koji će biti korišćeni pri izradi ovog rada mogu se podeliti u dve grupe:

- Naučni izvori (ovde spadaju knjige, zbornici radova, naučni časopisi, predavanja, analitički radovi koji obrađuju pitanja u vezi sa temom sa naučnog aspekta),
- Empirijski izvori (informacije dobijene posredno ili neposredno od institucija, organizacija i ljudi u vezi sa istraživačkom temom).

1.9 Struktura doktorske disertacije

1. Uvod

1.1. Predmet doktorske disertacije

1.2. Problem istraživanja

1.3. Rezultati prethodnih istraživanja

1.4. Ključni pojmovi istraživanja

1.5. Određenje pojma istraživanja

1.6. Ciljevi istraživanja

1.7. Hipoteze istraživanja

1.8. Metodologija istraživanja

2. Ekologija urbanih ekosistema

2.1. Pojam urbanog ekosistema

2.2. Održivost urbanog ekosistema

2.3. Zagađenja urbanih ekosistema kroz istoriju

3. Tipovi zagađenja urbanih ekosistema

3.1. Industrijsko zagađenje

3.2. Saobraćajno zagađenje

3.3. Potrošnja energije u gradskom saobraćaju

3.4. Izduvni gasovi u gradskim sredinama

3.5. Buka kao komponenta saobraćajnog zagađenja

3.6. Posledice zagađenja urbanih ekosistema

4. Putnički saobraćaj kao faktor zagađenja urbanih ekosistema

- 4.1. Trend razvoja putničkih vozila u urbanim ekosistemima
- 4.2. Broj putničkih vozila u EU i Srbiji (vremenska retrospektiva)
- 4.3. Zagađenje od strane putničkih vozila u gradovima
- 4.4. Primeri zagađenja urbanih ekosistema putničkim saobraćajem u svetu
- 4.5. Primeri zagađenja urbanih ekosistema putničkim saobraćajem u Srbiji

- 5. Mere za smanjenje zagađenja od strane putničkog saobraćaja u urbanim ekosistemima
 - 5.1. Promocija javnog prevoza
 - 5.2. Javna akcija za rekonstrukciju saobraćajnica, u cilju smanjenja zagađenja
 - 5.3. Promocija alternativnih goriva (vodonik)
 - 5.4. Upotreba „smart“ sistema za parkiranje
 - 5.5. Upotreba „smart“ sistema za kontrolisanje bezbednosti i regulaciju saobraćaja
 - 5.6. Upotreba klasičnih i električnih bicikala, motocikala i električnih trotineta.

- 6. Zaključak

- 7. Literatura

2. EKOLOGIJA URBANIH EKOSISTEMA

Ekologija gradova procenjuje koristi za zdravlje i dobrobit urbanih zelenih površina, obraslih površina i vodnih tela. Ekologija u gradovima ispituje kako karakteristike mozaika urbanog pejzaža i raznih njegovih delova utiču na zdravlje i dobrobit ljudi. Ljudska potrošnja i ponašanje u jednom urbanom području mogu uticati na zdravlje i dobrobit ljudi u drugim, kao što je izvoz otpada i prekogranične emisije i tokovi zagađivača (La Notte, A., Zulian, G. , 2021). Ekološki, ekonomski, tehnološki, društveni i individualni faktori rizika i uticaji utiču na urbanu populaciju na četiri nivoa urbanog ekosistema: delovi unutar urbanog mozaika, izgrađena područja, urbani regioni i globalne razmere. Povećanje veličine urbane izgrađene površine dovodi do ozbiljnijih efekata toplotnih ostrva, posebno kod ljudi koji žive u zgradama sa neadekvatnim hlađenjem i koje zadržavaju toplotu. Urbani ljudi na različite načine imaju koristi od svakodnevnog kontakta sa prirodom, ali neki urbani zeleni prostori stvaraju i zdravstvene koristi i opasnosti po zdravlje. Kulturni ili društveni kontrasti u odgovorima na urbanu prirodu i zelene površine variraju. Uprkos opštem konsenzusu da zdrav urbani ekosistem može poboljšati ljudsko zdravlje i blagostanje, veliki deo globalne urbane populacije u niskim geografskim širinama, gradovima sa niskim prihodima, i najsiromašniji urbani stanovnici, verovatno će patiti od kontakta sa mnogim aspektima prirode (Penco, L., Ivaldi, E., Ciacci, A. , 2021).

Urbani sistem je džinovski sistem resursa koji je napravio čovek. Njegov rast podrazumeva strukturiranje i diferencijaciju prostora kroz raspodelu investicija u stalni kapital.³ Iz tog razloga, urbani ekosistem izaziva promene za budućnost dizajna i donošenja odluka u urbanim okruženjima. Usvojena ekocentrična perspektiva urbanih sredina će promeniti način kako se sagledavaju i rešavaju dizajnerske dileme budućnosti. U prihvatanju izazova koji donosi urbani ekosistem, postavljaju se brojna pitanja kao što su: a) koliko izgradnja višespratnica ostavlja prostora za mrave, biljke, vodu, za bilo koje druge potrebe osim potreba za životnim prostorom ljudi, b) da li je moguće da zamislimo javni prevoz za životinje, c) da li je urbani dizajner omogućio eventualno suživot za životinje starosedeoce pri razvoju urbanog područja, d) kako veštačka inteligencija može pomoći psu vodiču u navigaciji tokom kretanja na ulici? (Kellogg, S.T. , 2021).

³ David V. Harvei je marksistički ekonomski geograf rođen u Britaniji, podkaster i uvaženi profesor antropologije i geografije na Gradskom centru Univerziteta u Njujorku (CUNI).

U ovom poglavlju se daje prikaz urbanog ekosistema i usvajaju se ekocentrične vrednosti za vođenje, projektovanje i planiranje budućih urbanih sredina. Urbani ekosistem prihvata izazove trenutne debate o pitanjima životne sredine u urbanim sredinama. Znajući da su inkorporirane ekocentrične vrednosti, interesi ekosistema će postati uticajni za kompletno projektovanje i donošenje odluka u urbanom kontekstu. Dakle, urbani ekosistem uzrokuje drugačiji pristup dobrobiti u gradu. Pristup, u kome su ljudi deo mreže zavisnosti od drugih oblika života, kao što su drveće, ptice, pčele i zgrade koje se nalaze u urbanom području. Zdravlje ekosistema zavisi od kvaliteta života svih delova u mreži zavisnosti. Upravo je glavni cilj urbanog ekosistema povećanje zdravlja ovog ekosistema.

2.1 Pojam urbanog ekosistema

Urbani ekosistemi su gradovi i okolni, socio-ekološki sistemi u kojima živi većina ljudi. Oni su veoma jedinstveni tipovi ekosistema: skoro su potpuno veštački, ali obuhvataju, u različitim razmerama, sve druge tipove ekosistema (šume, jezera i reke i poljoprivredne površine mogu da budu deo urbanog ruba) i pod snažnim su uticajem ljudskih aktivnosti (Wiesel, P.G., Dresch, E., de Santana, E.R.R., Lobo, E.A., 2021).

Može izgledati smešno primenjivati termin „ekosistem“ na gradove, ali urbani ekosistemi su možda najpoznatiji od svih ekosistema. Urbani ekosistem je jednostavno zajednica biljaka, životinja i ljudi koji naseljavaju urbano okruženje. To je područje kojim fizički dominiraju izgrađene strukture poput zgrada, puteva, kanalizacije i dalekovoda. Ali, takođe sadrži bogate zelene površine - parkove, dvorišta, ulične zasade, zelene puteve, urbane tokove, komercijalno uređene i neizgrađene parcele - koje predstavljaju živo srce urbanog ekosistema (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E., 2021).

Koliko god da se ovi elementi ponekad pojavljuju odvojeni i fragmentirani, oni rade zajedno kao jedan organizam. Urbana šuma je dobar primer. Nije teško zamisliti svo gradsko drveće — bilo u parku, na ulici, na neizgrađenoj parceli ili u dvorištu — povezano zajedno u sistem širom grada, baš kao što izgleda kada se gleda iz aviona. Ova urbana šuma možda nije identična nedirnutoj seoskoj šumi, ali mnoge njihove funkcije su slične (Tan, P.Y., Zhang, J., Masoudi, M., Alemu, J.B., Edwards, P.J., Grêt-Regamey, A., Richards, D.R., Saunders, J.E., Song, X.P., & Wong, L., 2020).

2.1.1 Komparacija urbanih ekosistema i drugih ekosistema

Naravno, postoje mnoge razlike između urbanih ekosistema i drugih ekosistema u kojima manje dominiraju ljudi. Urbani ekosistemi su generalno veoma poremećeni sistemi, podložni brzim promenama u zemljištu i biljnom pokrivaču, kao i temperaturi i dostupnosti vode. Zgrade, putevi, parkinzi i druge konstrukcije čine u velikoj meri neprobojni pokrivač tla koji utiče na to kako voda teče kroz urbani pejzaž i šta u njemu može da preživi (Yli-Pelkonen, V. , 2013).

Biljni život u urbanim ekosistemima je takođe različit, a karakteriše ga mnoštvo neautohtonih dvorišnih zasada i korova. Čak i u prirodnim ili poluprirodnim delovima grada, kao što su parkovi, vegetacija je često veoma izmenjena, sa mnogo neautohtonih i invazivnih vrsta. Na primer, u šumovitim oblastima, sloj prizemnog lista može biti uklonjen i zamenjen travom otpornom na senku, narušavajući prirodne procese koji stvaraju zdravo zemljište (Dakhia, K., Berezowska-Azzag, E. , 2010).

Stresovi životne sredine takođe modifikuju prirodne elemente urbanih ekosistema. Drveće je izloženo visokim nivoima zagađivača vazduha, soli sa puteva i oticanjima, fizičkim preprekama za rast korena, bolestima, lošem kvalitetu zemljišta, čestim sušama i smanjenoj sunčevoj svetlosti. Populacije životinja i ptica su inhibirane gubitkom staništa i izvora hrane, toksičnim materijama i vozilima. Uprkos ovim teškim uslovima, gradske zelene površine su ispunjene životom — neki od njih su prilično raznovrsni i biološki značajni.

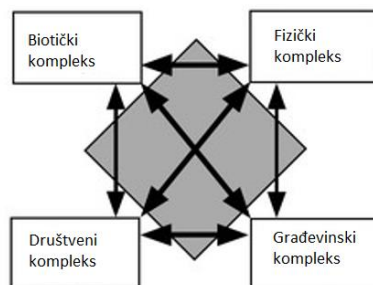
U poslednjih dvadeset godina u Evropi je povećana urbanizacija. Na nivou EU, oblasti u kojima dominira prisustvo veštačkog zemljišta porasle su za 3,2% između 2000. i 2018. godine. Kada se uzme u obzir udeo dominantnih tipova zemljišta (udeo površina u kojima dominira veštačko, poljoprivredno ili prirodno zemljište), 69% funkcionalnog urbanog područja ostalo je relativno stabilno, bez jasnog pravca promene. Ali sa brzim rastom gradova širom sveta, urbani ekosistemi su možda jedini glavni tip ekosistema koji se širi. Izgradnja puteva, stanova, dalekovoda i industrijskih i komercijalnih lokacija stvara nove urbane pejzaže, dok fragmentira nekadašnje šume, travnjake ili obradive površine u nemilosrdnom maršu razvoja (Clement, S. , 2021).

Ukoliko se iznenadni spoljni uticaji negativno odraze na konstitutivne elemente ekosistema i ugroze njihovu stabilnost, dolazi do poremećaja u samom ekosistemu. To može dovesti do gubitka relativne stabilnosti i rezultirati degradacijom, uništavanjem ili

drugim oblicima oštećenja (Ristić, V., 2020). Kada dođe do promene, ona je okarakterisana gubitkom poljoprivrednog ili prirodnog zemljišta i povećanjem područja bez jasne karakterizacije, što je pokazatelj širenja urbanih područja. Funkcionalne urbane oblasti karakteriše progresivno zgušnjavanje naselja. U zbijenim (zgusnutim) naseljima pored državnih puteva u dnevnoj izohroni urbanog naselja ispoljena je tendencija širenja građevinskog područja u prethodnim decenijama, iako broj njihovih stanovnika blago opada u poslednje dve decenije (Ristić, V., 2020). Vegetacijski pokrivač urbane zelene infrastrukture je relativno stabilan na duži rok, sa blagim trendom rasta u delovima gradova koji nisu gusto izgrađeni, kako u glavnim gradovima tako i u zonama putovanja. Međutim, kada se fokusiraju na ravnotežu između naglog ozelenjavanja (definisanog kao relativno oštar trend rasta urbane vegetacije) i posmeđivanja (definisanog kao relativno brz gubitak urbane vegetacije), gradovi nisu u mogućnosti da nadoknade zauzetu zemlju. To znači da kada se primeti gubitak vegetacije (obično zbog promene namene zemljišta, tj. stambenih ili infrastrukturnih politika) ne postoji odgovarajuća strategija kompenzacije za oporavak vegetacije unutar zelene infrastrukture. Ovo može rezultirati progresivnim povećanjem fragmentacije polu-prirodnih zakrpa i posledičnim gubitkom otpornosti grada. Gradovi i njihova okolina mogu biti deo rešenja. Oni mogu ugostiti tačke biodiverziteta, a urbana zelena infrastruktura može pružiti važne prednosti i biti deo regionalne eko-mreže. Međutim, potrebno je definisati jasnu ulogu urbanih ekosistema u okviru sektorskog zakonodavstva. Potrebno je postaviti jasna pravila kako bi se nadoknadilo zauzeto zemljište i gubitak vegetacije. Štaviše, postoji potreba za postavljanjem ciljeva za posebno praćenje urbanog stanja, urbanog biodiverziteta i urbanih usluga njihovog ekosistema (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B., 2020).

Urbani ekosistemi se sastoje (slika 1.) od bioloških komponenti (biljke, životinje, mikroorganizmi i drugi oblici života) i fizičkih komponenti (zemljište, voda, vazduh, klima i topografija) koje međusobno deluju. Ove komponente su u kombinaciji prirodnih i izgrađenih materijala urbanog prostora koji imaju važnu ulogu u metaboličkim procesima, biodiverzitetu i otpornosti ekosistema u osnovi vrednih usluga ekosistema. Povećanje svetske populacije u urbanim sredinama je pokretačka snaga za ugrožavanje resursa životne sredine i javnog zdravlja u gradovima. Stoga je neophodnost usvajanja održivih praksi za zajednice ključna za poboljšanje i održavanje zdravlja životne sredine

u urbanim sredinama (Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleutério, A.A., MacGregor Fors, I., Reyes Paেকে, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D., & Hernández, H.J., 2018).



Slika 1. Komponente urbanog ekosistema (Izvor: Clement, S. , 2021)

Urbani ekosistemi primenjuju ekosistemski pristup na urbana područja. Urbani ekosistemi su dinamični ekosistemi koji imaju slične interakcije i ponašanja kao prirodni ekosistemi. Međutim, za razliku od prirodnih ekosistema, urbani ekosistemi su hibrid prirodnih elemenata i elemenata koje je napravio čovek na čije interakcije ne utiče samo prirodno okruženje, već i kultura, lično ponašanje, politika, ekonomija i društvena organizacija (Rzevski, G., Kozhevnikov, S.A., Svítek, M., 2020).

2.1.2 Glavne karakteristike urbanih ekosistema

Urbana područja igraju ključnu ulogu kao populacioni centri i obezbeđuju širok spektar dobara i usluga kako za svoje stanovništvo, tako i za stanovništvo širom sveta. Urbani ekosistemi se više ne mogu posmatrati kao odvojena celina u odnosu na životnu sredinu, jer imaju direktne i indirektne uticaje na bližu i širu okolinu. Mnogi ekološki problemi sa kojima se danas suočavamo (npr. globalno zagrevanje, zagađenje vode i vazduha i neadekvatan pristup bezbednoj vodi za piće) mogu se pratiti do gradova i izbora načina života. S obzirom da se očekuje da će nivo urbanog stanovništva dostići 60% u narednih 30 godina i da će se većina urbanizacije desiti u zemljama u razvoju, urbano upravljanje životnom sredinom postaje sve važnije.

Urbana područja ne mogu postojati izolovano. Ona zahtevaju inpute i funkcije asimilacije otpada iz drugih ekosistema. Analiza ekološkog otiska je pokazala da je mnogim gradovima potrebna produktivna površina zemlje koja je nekoliko puta veća od veličine grada, kako bi izdržavali stanovništvo (Adler,F., Tanner,C., 2013).

Urbani ekosistem sadrži i individualne i slojevite (ugneždene) sisteme koje čine tri sfere: (a) prirodno okruženje, (b) izgrađeno okruženje i (c) društveno-ekonomsko okruženje. Da bi se razvile politike i programi koji unapređuju održivi razvoj i pravičnu alokaciju resursa, svaki sistem unutar urbanog ekosistema treba da bude prepoznat kao živo biće koje se stalno menja. Ovo se razlikuje od tipičnog odvojenog i statičkog pristupa upravljanja. Svaki sistem zahteva dinamičko balansiranje i integraciju. Pored toga, potrebno je razumeti međuzavisnosti i interakcije između svakog sistema i između urbanog ekosistema u celini i drugih ekosistema. Nezdravi urbani ekosistemi mogu dovesti do lokalne i šire degradacije životne sredine, društvenih problema, ekonomskog pada, problema sa zdravljem ljudi i daljeg odvajanja od prirode (Roundy, P.T., 2017).

Multidisciplinarno po prirodi, upravljanje urbanim ekosistemom zahteva kombinaciju društvenih, ekoloških, ekonomskih alata i institucija za donošenje odluka koje su fleksibilne i koje se mogu brzo prilagoditi promenama u jednom ili više sistema.

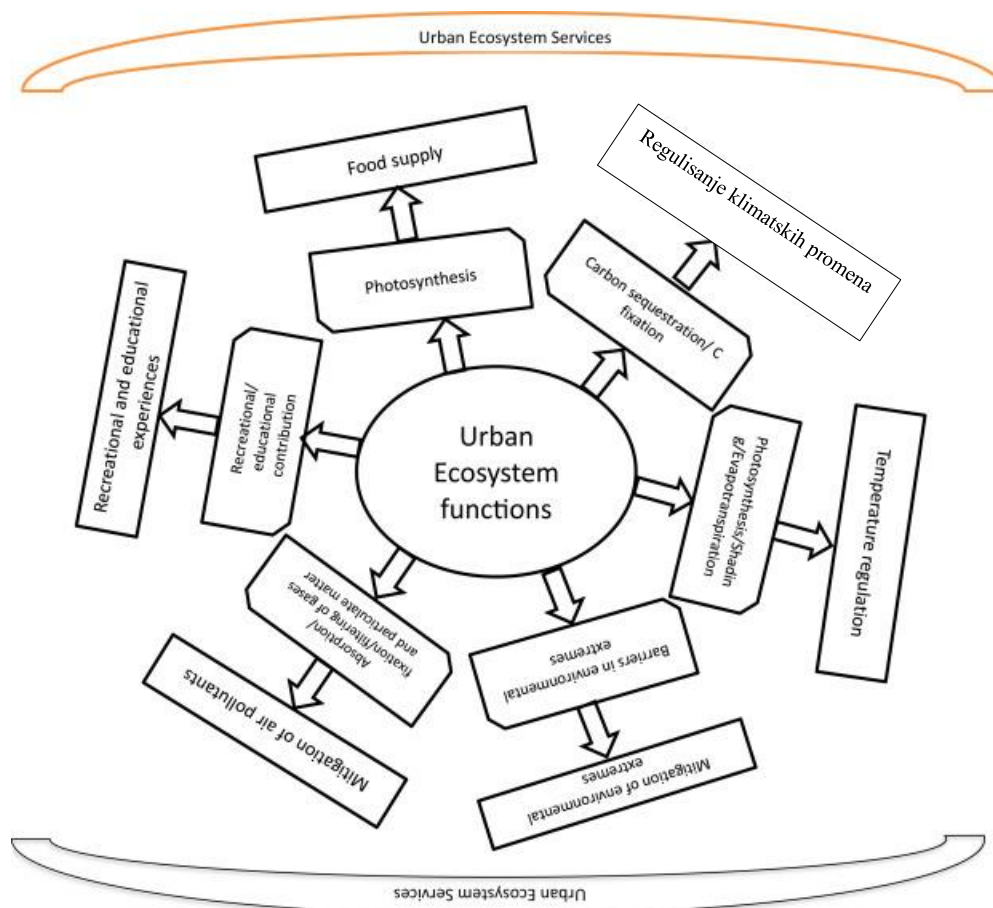
Pristup urbanog ekosistema podstiče usklađivanje gradova sa prirodnim ekosistemima gde se resursi, procesi i proizvodi koriste efikasnije, stvarajući manje otpada, zahtevajući manje inputa i posmatrajući nusproizvode kao resurse (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).

2.1.3 Koja dobra i usluge pružaju urbani ekosistemi?

Ljudski elementi grada — njegova infrastruktura i ekonomija koju je napravio čovek — obezbeđuju dobra i usluge ogromne vrednosti. Gradovi su srce ljudske trgovine i industrije, a samim tim i primarni centri zapošljavanja, stanovanja, transporta i niza socijalnih usluga od zdravstvene zaštite do obrazovanja. Ali, urbane zelene površine doprinose svojim jedinstvenim i bitnim uslugama urbanoj raznolikosti.

Usluge urbanih ekosistema su posebno definisane kao usluge koje pružaju urbani ekosistemi i njihove komponente. Ekosistemi i njihove usluge su kritične za održavanje života u urbanim naseljima, održavanje zdravlja, prijateljske socioekonomske odnose, socijalne i prehrambene sigurnosti i opšteg ljudskog blagostanja. Urbani ekosistemi su oni u kojima ljudi žive u velikoj gustini ili oni gde izgrađena infrastruktura pokriva veliki deo zemljišta. Infrastruktura u ovim oblastima uključuje i zasađenu vegetaciju kao što su urbane šume, parkovi i bašte i vodena tela kao što su bare, mala jezera i močvare. Međutim, u širem smislu, područja oko gradova, na bilo koji način povezana sa ili direktno upravljana i pod uticajem materijala i energije iz osnovnih urbanih ili prigradskih

delova, takođe su komponente urbanih sistema. Postoje različiti faktori, kao što su gustina naseljenosti, ukupna populacija, blizina ili udaljenost između urbanih stanova i obrazaca korišćenja zemljišta i zaposlenosti van primarnog sektora, koji određuju urbana područja između zemalja ili država (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).



Slika 2. Međusobni odnos funkcija i usluga urbanog ekosistema (Izvor: Kellogg, S.T. , 2021)

Nedavno su istraživanja o uslugama ekosistema fokusirana na različite dimenzije kao što su ekonomska, sociokulturna i biofizička, koje su generisale sveobuhvatno razumevanje. Dalje, razne međunarodne inicijative kao što su Milenijumska procena ekosistema i Ekonomija ekosistema i biodiverziteta dale su podsticaj studijama o uslugama urbanih ekosistema. Iako se sada sve veća pažnja poklanja urbanim ekosistemima na nivou politike, u poređenju sa prirodnim ekosistemima, oni dobijaju skromno interesovanje. Usluge ekosistema se mogu široko kategorisati u četiri kategorije, od kojih se mnoge mogu vrednovati u ekonomskim razmerama, međutim, druge su od neekonomske vrednosti i uglavnom ostaju neistražene. Prema Milenijumskoj proceni

ekosistema, različiti ekosistemi pružaju različite vrste ekosistemskih usluga, te je stoga potrebna opšta klasifikacija za određeni tip ekosistema. Sprovedene su različite studije kako bi se procenile usluge ekosistema koje pruža urbani ekosistem. Na primer, urbani ekosistem pruža usluge sa direktnim i neposrednim efektima na zdravlje i bezbednost, kao što su prečišćavanje vazduha, smanjenje buke, urbano hlađenje i ublažavanje oticanja, kao i drugih usluga, npr. snabdevanje hranom, regulacija protoka vode, termalna regulacija, smanjenje buke, tretman otpada, poboljšanje ekoloških ekstrema, prečištači vazduha, oprašivanje i širenje semena, regulativa klimatskih, rekreativnih i edukativnih iskustva (Santos, D. , 2022).

2.1.4 Kontrola senke i temperature

Ulično drveće i druge zelene površine pomažu u borbi protiv efekta urbanog toplotnog ostrva tokom leta. Temperature u srcu grada mogu biti 0,6-1,3°C (1,1-2,3°F) više nego u ruralnim područjima zbog velikih površina zgrada i asfalta koje apsorbuju toplotu, kao i velike potrošnje energije. Drveće pruža senku i takođe propušta velike količine vode koja, kada ispari, daje efekat hlađenja. Kada se kombinuju, ovi efekti mogu sniziti lokalne temperature - ponekad za mnogo stepeni u oblasti sa vegetacijom. Efekat senčenja drveća dovodi do uštede energije i smanjenja regionalnog zagađenja. Jedna studija u Čikagu procenila je da bi sadnja još oko tri stabla po građevinskoj parceli mogla da uštedi 50-90 američkih dolara (USD) u troškovima klimatizacije po kući (Wilkerson, M.L., Mitchell, M.G., Shanahan, D.F., Wilson, K.A., Ives, C.D., Lovelock, C.E., Rhodes, J.R., 2018).

2.1.5 Filtriranje vazduha

Gradske biljke efikasno uklanjaju zagađenje vazduha. U parku, lisne površine drveća mogu filtrirati čak 85% zagađenja ambijentalnog vazduha - uglavnom čestica. Ulično drveće takođe može biti efikasni prečišćivač vazduha, uklanjajući do 70% čestica na ulici sa drvoredima. Urbane šume⁴ u Tokiju pokrivaju površinu 21.630 hektara i uklanjaju oko 20.000 tona zagađivača vazduha godišnje, u vrednosti od najmanje 88 miliona USD godišnje (Tavares, P.A., Beltrão, N.E., Guimarães, U.S., Teodoro, A.C., Gonçalves, P. , 2019).

⁴ Urbana šuma obuhvata drveće i žbunje u urbanom području, uključujući drveće u dvorištima, duž ulica i komunalnih koridora, u zaštićenim područjima i na slivovima. Ovo uključuje pojedinačna stabla, ulična drveća, zelene površine sa drvećem, pa čak i pripadajuću vegetaciju i tlo ispod drveća.

Drveće je posebno efikasno u uklanjanju čestica PM (PM - Particulate Matters). PM nadiru u obliku sitnih čestica organskih hemikalija, kiselina, metala i prašine, koje emituju vozila i fabrike koje sagorevaju fosilna goriva, kao i gradilišta. Najveće od ovih čestica imaju prečnik do 10 mikrona (poznato kao PM₁₀), što je oko petine širine vlasi ljudske kose. Zatim tu su čestice PM, prečnika 2,5 mikrona (poznato kao PM_{2,5}) i još sitnije (poznato kao PM₄ i PM₁) zagađujuće nanočestice. Drveće može pomoći u smanjenju PM na dva glavna načina. Prvi način je disperzija – udaranjem u drveće i biljke, koncentrisani oblaci sitnih čestica se raspršuju i tako razblažuju vazduhom, smanjujući rizik od udisanja ljudi. Drugi način je taloženje. PM se lako može zarobiti u voštanom, dlakavom lišću drveća i žbunja. Kada pada kiša, većina ovih čestica se ispere vodom u kanalizaciju. Srebrna breza, tisa i starina su bile najefikasnije u hvatanju čestica, a dlake njihovog lišća su doprinele stopi smanjenja od 79%, 71% i 70%. Neke listopadne vrste takođe mogu imati neželjene efekte. Na primer, drveće koje se obično nalazi u gradovima na severnoj hemisferi – kao što su topole ili drveće crne gume (*Nyssa sylvatica*) – može emitovati visoke nivoe isparljivih organskih jedinjenja (Kremer, P., Hamstead, Z.A., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabisch, N., Larondelle, N., Rall, E.L., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez Baggethun, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J., 2016).

2.1.6 Smanjenje buke

Drveće i žbunje takođe mogu pomoći u filtriranju zagađenja bukom. Pojas od 30 metara visokog gustog drveća u kombinaciji sa mekim površinama može smanjiti lokalni nivo buke za 50% (Grafius, D.R., Corstanje, R., Warren, P., Evans, K.L., Hancock, S., Harris, J., 2016).

Vegetacija smanjuje zagađenje bukom kroz fenomen koji se zove prigušenje zvuka, a to je smanjenje intenziteta zvuka. Normalno slabljenje zvuka nastaje kako se energija zvuka raspršuje na velike udaljenosti sve dok ne ostane dovoljno energije za vibriranje molekula vazduha. Vegetacija ubrzava normalne mehanizme slabljenja apsorpcije, skretanja, prelamanja i maskiranja zvuka.

Lišće, grančice i grane na drveću, žbunju i zeljasti rast apsorbuju i odbijaju zvučnu energiju. Refrakcija zvučnih talasa nastaje kada zvuk prolazi kroz vegetativne barijere i savija se oko biljnih struktura. Vegetacija stvara maskirne zvukove, dok lišće šušti, grane se njišu, a stabljike škripe. Zvuci divljih životinja koje privlači urbana vegetacija, poput

ptica i insekata, takođe maskiraju zagađenje bukom (Breuste,J., Pauleit,S., Haase,D., Sauerwein,D., 2021).

2.1.7 Kontrola atmosferskih voda

Gradska kanalizacija funkcioniše drugačije od ruralne kanalizacije, jer je prekrivena zgradama i popločanim površinama u koje voda ne može da prodre. Urbane šume, močvare i vegetacija pored potoka pomažu da se uspostavi deo prirodne ravnoteže tako što sprečava oticanje atmosferskih voda, apsorbuje zagađivače i dopunjuje rezervoare podzemnih voda. Procenjuje se da su šume u koridoru Vašington-Baltimor uštedele regionu oko milijardu USD u troškovima za izgradnju objekata za kontrolu atmosferskih voda kao što su retenciona jezera i ojačane obale potoka (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

Drveće zasađeno na otvorenim, nepropusnim površinama, kao što su parkinzi, moglo bi da smanji oticanje atmosferskih voda za čak 20%. Grane i stabljike mogu uhvatiti i uskladištiti do 15% ukupnih padavina. Veliko drvo može da prihvati i zadrži čak 1.256 litara vode. Procena pretpostavlja da je najširi deo krošnje drveta 10 metara. Do 75% izlazne vode iz kišne bašte na parkingu bilo je zbog transpiracije drveća. Kiša se lepi za lišće drveća. Kod nekih vrsta efekat je mali, kod drugih je film relativno debeo - do hiljaditog dela inča (1 inch = 25,4 mm) (Alizadeh, B., Hitchmough, J. , 2019).

2.1.8 Biodiverzitet i stanište divljih životinja

Gradovi prihvataju razne biljke i životinje. U stvari, obim „gradske divljine“ iznenađuje mnoge ljude. Preovladavaju jeleni i mali biljojedi kao što su veverice. Jazavci i dabrovi mogu biti široko rasprostranjeni u urbanim vodenim područjima, a neki manji predatori poput slepih miševa, oposuma, rakuna, kojota, lisica, kuna i lasica dobro se prilagođavaju promenama staništa koje izaziva razvoj. Urbani ekosistemi takođe pružaju kritično stanište mnogim migratornim vrstama. Na primer, urbane zelene površine i parkovi su kritični za mnoge ptice selice koje bi se inače suočile sa dugim delovima letenja bez mesta za odmor i hranjenje. U mnogim slučajevima, ove divlje životinje pružaju mogućnosti za rekreaciju. Više od 40 miliona ljudi - skoro trećina urbanih stanovnika SAD - učestvuje u aktivnostima posmatranja divljih životinja u krugu od 2 km od svojih domova (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021).

2.1.9 Rekreativne, estetske i duhovne vrednosti

Parkovi i zelene površine pružaju stanovnicima gradova neprocenjive mogućnosti za rekreaciju, a dokaz su brojni biciklisti, džogeri, skejteri i šetači pasa u bilo kom urbanom parku, bilo kog dana u nedelji. Takođe, zapažena je tendencija nepoštovanja delova prirode kojima se okružujemo - naših travnjaka i dvorišta. Troškovi urbanih nekretnina kontinuirano potvrđuju vrednost koju pridajemo uređenju, veličini dvorišta i blizini parkova (Francés, R.S., Valle, S.G., Rueda, N.G., Lucchitta, B. Croci, E. , 2021).

2.1.10 Proizvodnja hrane

Urbana poljoprivreda⁵ je veoma važna na globalnoj osnovi. Širom sveta, oko 800 miliona stanovnika gradova uzgaja hranu u dvorištima, praznim parcelama, pored puteva i malim prigradskim farmama. U Keniji i Tanzaniji, 2 od 3 urbane porodice se bave poljoprivredom. Na Tajvanu, više od polovine svih urbanih porodica su članovi poljoprivrednih udruženja. Na Kubi je 1999. godine urbana poljoprivreda proizvela 800.000 tona svežih organskih proizvoda i zapošljavala 165.000 ljudi (Smardon, R.C. , 2008).

2.1.11 Pozitivni i negativni uticaji urbanih ekosistema

Urbani ekosistemi nose nesigurnosti od ekonomskih, društvenih i biofizičkih uzroka. Postoje nesigurnosti u pogledu zapošljavanja i skloništa, posebno u pogledu ekonomskih odnosa između vlasnika imovine i zakupaca i ekoloških uslova života bogatih i siromašnih. Bezbednost životne sredine može se poboljšati korišćenjem zelenih površina, npr. u održivim sistemima za odvođivanje i zelenim krovovima. Međutim, može doći do neslaganja u korišćenju zelenih površina. Malo je verovatno da će svi na isti način reagovati na mogućnosti šetnje ili opuštanja u otvorenim ili šumovitim urbanim prostorima. Međuljudske razlike koje utiču na način na koji ljudi doživljavaju i komuniciraju sa zelenim površinama uključuju pol, godine, fazu života, kulturu, etničku pripadnost, interesovanje i stručnost. Mnogi ljudi izražavaju elemente straha od aspekata

⁵ **Urbana poljoprivreda** se generalno odnosi na kultivaciju, preradu i distribuciju poljoprivrednih proizvoda u urbanim i prigradskim okruženjima, uključujući stvari kao što su vertikalna proizvodnja, magacinske farme, društvene bašte, farme na krovovima, hidroponske, aeroponske i akvaponske objekte i druge inovacije. Urbani farmeri i baštovani rade među različitim populacijama kako bi proširili pristup hranljivoj hrani, podstakli angažovanje zajednice, obezbedili poslove, obrazovali zajednice o poljoprivredi i proširili zelene površine.

zelenih površina i korišćenja parkova i bašta u gradovima (Alizadeh, B., Hitchmough, J., 2019).

Tabela 2. Pozitivni i negativni uticaji na zdravlje u vezi sa urbanim plavim i zelenim površinama (Alberti, M., 2008)

Vrsta prostora	Pozitivni uticaji	Negativni uticaji
Urbani vodeni prostori (ribolov, vožnja čamcem i plivanje)	<i>Fizičko zdravlje</i> Društvene i fizičke zdravstvene koristi od ribolova <i>Mentalno zdravlje</i> Smanjen stres i napetost	<i>Fizičko zdravlje</i> Slučajna utapanja Gastrointestinalni rizici od plivanja Rizici od konzumiranja kontaminirane ribe ili rakova Infekcije od protozoa, virusa ili bakterija, posebno cijanobakterijskih toksina <i>Mentalno zdravlje</i> Uočeni rizici za decu
Urbani parkovi	<i>Fizičko zdravlje</i> Povećano fizičko zdravlje Korišćenje prostora kolektivne zajednice u kojem organizovani događaji i aktivnosti mogu da zbliže ljude i doprinesu društvenom kapitalu <i>Mentalno zdravlje</i> Poboljšano emocionalno blagostanje Smanjen stres Relaksacija Osveženje Bekstvo od svakodnevice Šanse za formiranje društvenih odnosa Poboljšane veštine lične i društvene komunikacije Poboljšano mentalno i duhovno zdravlje Povećana duhovna, čulna i estetska svest Sposobnost uspostavljanja lične kontrole Povećana osetljivost na sopstveno blagostanje Refleksivnost Filozofska i intelektualna misao Estetska kontemplacija	<i>Fizičko zdravlje</i> Povrede dece i mladih od nebezbedne opreme za igralište Padovi zbog nebezbednih površina tla Trovanje krvi iz odbačenih špriceva Bolest od divljih životinja Alergije kao što su astma i peludna groznica Trovanje sokom, bobicama, voćem i patogenim gljivama <i>Mentalno zdravlje</i> Strah od agresije ili napada, posebno sa područja sa gustom vegetacijom ili od pasa koji slobodno trče
Domaći vrtovi	<i>Fizičko zdravlje</i> Smanjena incidenca bolesti ili prijavljena bolest Ublažavanje bola Vežbanje <i>Mentalno zdravlje</i> Izbegavanje ili ublažavanje stresa	<i>Fizičko zdravlje</i> Opasnosti od posekotina i padova Rizik od redovne konzumacije domaćih proizvoda koji sadrže povišene koncentracije potencijalno toksičnih supstanci

	Poboljšana kognitivna funkcija Poboljšana samodisciplina Ublažavanje simptoma poremećaja pažnje kod dece	Gutanje kontaminiranog zemljišta bilo slučajno ili namerno (uglavnom od strane dece) Udisanje kontaminiranih čestica zemljišta u kućnoj prašini u susednim imanjima
--	---	--

2.2 Održivost urbanog ekosistema

Da li se urbanim područjima može upravljati kao ekosistemima? Upravljanje urbanim područjima kao ekosistemima počinje boljim razumevanjem onoga što ove zelene oaze doprinose urbanom životu, kao i uvažavanjem pritisaka sa kojima se suočavaju i brzih promena koje se sada dešavaju. Mnoge zajednice i dalje vide zelene površine više kao luksuz nego suštinsku komponentu gradske infrastrukture kao što su putevi ili kanalizacija (Mihajlović, P., Stošić, Lj. , 2016). Rezultat je nedostatak planiranja i budžetiranja za brigu o zelenim površinama. Na primer, u mnogim gradovima nedostaju sistematski programi za negu drveća, a malo pažnje se poklanja uticaju uslova zemljišta na urbanu šumu, ograničenjima rasta korena, sušama izazvanim kanalisanjem kiše, efektu toplotnog ostrva i nedostatku podrasta (Radosavljević, J., 2008).

Čak i ako stavove prema zelenim površinama podržavaju, većina zajednica upravlja svojim zelenim površinama kao pojedinačnim jedinicama, a ne kao međusobno povezanim gradskim sistemom. Ali praksa je počela da se menja. U nekim urbanim oblastima, gradski menadžeri i građanske grupe su počeli ozbiljno da inventarišu biološko bogatstvo svojih urbanih zelenih površina i da prate kako se ono menja tokom vremena (Dizdaroglu, D., Yigitcanlar, T., Dawes, L. , 2012).

U Čikagu, krovna organizacija pod nazivom Chicago Wilderness ujedinjuje više od 130 različitih grupa — od sakupljača leptira do agencija za planiranje, naučnika do dobrovoljnih upravnika prerija — u nastojanju da nadgleda i obnovi bogato nasleđe gradskog područja od više od 200.000 hektara parkova, rezervata i vodenih puteva. Cilj je upravljati svim zelenim površinama kao jedinstvenim živim ekosistemom koji koristi i divljim životinjama i ljudima (Dakhia, K., Berezowska Azzag, E., 2010).

U Baltimoru, naučnici koje finansira Nacionalna naučna fondacija pokušavaju da unaprede nauku o urbanoj ekologiji proučavajući biološki metabolizam grada - kako njegovi zeleni elementi komuniciraju sa okolnim ruralnim područjima, kao i sa ljudskom populacijom grada. Ovi novonastali naponi ukazuju na novi način procene i upravljanja urbanim zelenim površinama, ali takvi naponi su još uvek retki. Svaki pokušaj da se

poboljša održivost urbanih ekosistema mora identifikovati načine da gradovi postoje u većoj ravnoteži sa okolnim ekosistemima (Scyphers, S.B., Lerman, S.B., 2014).

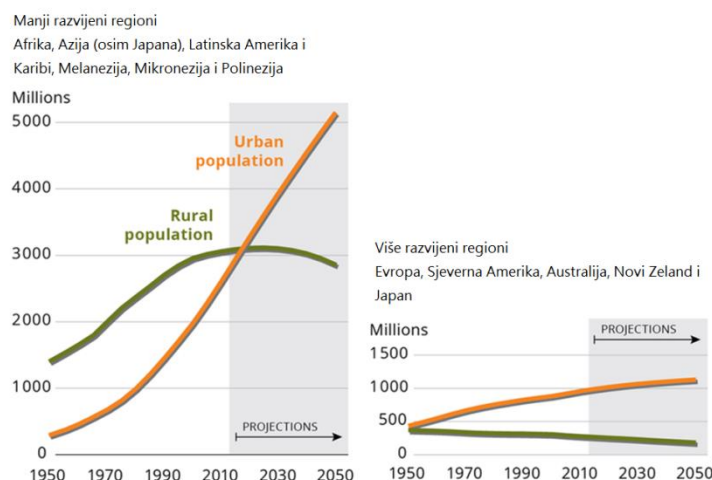
Kao i svi drugi ekosistemi, urbani ekosistemi nisu izolovana ostrva, već deo veće mreže života. Ono što se dešava u gradovima utiče na sve ekosisteme koji ih okružuju — na obližnje šume, farme i vodene puteve. Više od bilo kog drugog ekosistema, gradovi su propusni u svojim uticajima na životnu sredinu. Oni crpe resurse iz drugih ekosistema svuda oko sebe — hranu, vodu, građevinski materijal — i često izvoze otpad i zagađenje. Oni mogu biti ogroman teret za okolne prirodne ekosisteme. Dobra vest je da urbana područja predstavljaju ogromne mogućnosti za veću efikasnost u korišćenju energije, vode, stanovanja i upravljanja otpadom (Parves Rana, M. , 2009).

Strategije koje podstiču bolje planiranje, razvoj mešovite namene, cene gradskih puteva i integrisani javni prevoz, između ostalih napora, mogu dramatično da smanje ekološki uticaj milijardi ljudi. Činjenica da se korišćenje zemljišta brzo menja u urbanim sredinama predstavlja izazov za upravljanje i planiranje, ali i priliku. Na primer, milion ili više braunfilda koji oštećuju gradove širom sveta nude šansu za stvaranje novih zelenih površina ili smanjenje zagušenja i pritiska razvoja na preostale zelene površine. Ako se njima dobro upravlja, urbane zelene površine mogu doprineti već dokazanim zdravstvenim i obrazovnim prednostima urbanih ekosistema (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

Ljudi često misle o urbanim pejzažima kao o konkretnim distopijama, ali budućnost može biti u gradovima koji mogu održati i ljude i prirodu.

Koliko god da volimo i trebamo prirodu, ljudska populacija raste i seli se u gradove. Godine 1950. samo 30% svetske populacije je bilo urbano, ali se predviđa da će taj broj porasti na 68% do 2050. godine. Ovaj fenomen dovodi do stvaranja megagradova — gradova sa populacijom od 10 miliona stanovnika ili više. Godine 1990. bilo je 10 megagradova, ali se do 2030. očekuje da će ih biti 41. U Aziji i Africi dešava se 90% ovog rasta (Chen, W.Y., 2017).

Tabela 3. Gradsko i seosko stanovništvo u razvijenim i manje razvijenim regionima (EEA, 2017)



Ova brza stopa urbanizacije, u kombinaciji sa ukupnim rastom svetske populacije, izazvaće naše društvene sisteme, način na koji upravljamo prirodnim resursima i način na koji organizujemo i gradimo naše gradove. Pitanje je da li će uticaj biti negativan ili pozitivan? Opšta percepcija je negativna, ali za očekivati je optimizam kad je u pitanju urbana ekologija.

2.2.1 Percepcija gradova

Urbana područja imaju lošu reputaciju kada je u pitanju njihov odnos sa životnom sredinom, toliko da ljudi generalno smatraju da su gradovi oponenti prirodi.

Ovo nije bez dobrog obrazloženja. Od industrijske revolucije, gradovi su bili mesto betona, stakla, fabrika i poslovnih zgrada. Prvi korak u stvaranju novog urbanog područja bio je (i često je još uvek) uklanjanje svih karakteristika prirodnog okruženja kako bi se napravilo mesto za naše krute linije zoniranja (Tivy, J., 2016).

Ali, naša percepcija urbanog života se menja. Tokom proteklih 50 godina, ekološka svest je postala sve više glavna vodilja. Od prvog „Dana planete Zemlje“ 1970. godine i stvaranja Agencije za zaštitu životne sredine do uspona zagovornika životne sredine kao što su Rejčel Karson, Dejvid Suzuki, Silvija Erl i Dejvid Atenboro, mnogo je urađeno na obrazovanju i angažovanju šire javnosti. Zauzvrat smo bili u mogućnosti da vidimo gradove u novom svetlu (Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A., Sasaki, R., Abson, D.J., Lang, D.J., Wamsler, C., Wehrden, H.V., 2015).

Gradovi su usvojili politike za podsticanje LEED sertifikata⁶ za zgrade, urbano šumarstvo, propise o *brownfield* lokacijama⁷, obnovljive izvore energije, prirodno nasleđe, kompenzaciju ugljenika, ograničenja razvoja plavnih područja, smanjenje proizvodnje zagađivača vazduha, upravljanje atmosferskim vodama, odredbe o otvorenom prostoru u razvoju, i nedavno zelene krovove. Ove politike su dovele do zelenih i zdravijih gradova u kojima je život prijatniji. Sa implementacijom ovih promena, vidimo manje travnjaka i više zasada drveća, manje betonskih kanala i više naturalizovanih vodenih puteva, manje ispuštanja vode i više izgrađenih močvara, manje šindre i više zelenih krovova i više zgrada sa LEED sertifikatom (Nielsen, S.B., Sarasoja, A.-L. and Galamba, K.R. , 2016).

Ne samo da javni sektor pritiska industrije da postanu zelene – već i privatno tržište. Zahtev investitora i stanovnika da imaju pristup parkovima, zelenim zgradama i zdravom životnom okruženju stvorio je unosno tržište. Zakupci su spremni da plate dodatnih 27,21 USD mesečno za stanarinu da bi živeli u zgradama koje imaju zelene sertifikate — što iznosi više od 300 USD godišnje po stanu u dodatnom prihodu (Anderson,B., 2018). Samo sadnja drveća pokazala je da povećava vrednost imovine sa 5% na 18% u SAD (GreenBlue, 2017). Investitori sada zahtevaju zelene zgrade kao međunarodno merilo za svoje globalne portfelje (Platt,J., 2015). Ove vladine inicijative i potražnja privatnog tržišta, zajedno sa tehnološkim napretkom, otvaraju novi potencijal za gradove.

2.2.2 Potencijal gradova

Ako vladine inicijative i potražnja privatnog tržišta sustignu i održe korak sa tempom urbanizacije, možda ćemo videti kako se gradovi iz betonskih džungli pretvaraju u zelene rajeve. Singapur je sjajan primer kako se to može postići. Između 1986. i 2007. godine, stanovništvo Singapura je poraslo za 68%, ali je zeleni pokrivač porastao sa 35,7% na 46,5% (NationalParks, 2017). Sertifikovane zelene zgrade zauzimaju više od

⁶ **LEED – Leadership in Energy and Environmental Design** je nevladin međunarodni sistem za sertifikaciju energetske efikasnosti i ekoloških objekata. Ovaj sistem za sertifikaciju je glavni program Saveta zelene gradnje. Savet zelene gradnje ili zelenih zgrada SAD-a (US Green Building Council ili USGBC) je neprofitna organizacija i jedna od vodećih subjekata i osnivača Svetskog saveta zelene gradnje – World GBC (izvor: <https://www.prozorivrata.com/da-li-znamo-sta-je-to-leed/>)

⁷ **Braunfield lokacije** su 1) nastale kao posledica prethodnog korišćenja lokacija ili okolnog zemljišta, 2) napuštene ili nedovoljno iskorišćene, 3) uglavnom u urbanim područjima, 4) mogu imati problem sa zagađenjem i 5) zahtevaju intervenciju kako bi se mogle ponovo koristiti (izvor: Uwe Ferber, Detlef Grimski, Clarinet: Brownfields and Redevelopment of Urban Areas - A report from the Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies, Umweltbundesamt GmbH (Austrian Federal Environment Agency), Wien 2002)

petine površine u ostrvskom gradu-državi i imaju za cilj da do 2030. godine postignu smanjenje energetskeg intenziteta svoje privrede za 35%, odnosno da imaju 80% zelenih zgrada (Ives,M., 2013).



Slika 3. Parkroyal na Pickeringu, bogato uređen hotel u Singapuru (Izvor: Agoda, 2023)

Jačanjem plana inicijativa Singapura i drugih gradova i primenom ovih modela u gradove zemalja u razvoju, biljne i životinjske zajednice možda ne samo da mogu da prežive, već mogu i da napreduju zajedno sa nama. Ako se to postigne, to neće biti rezultat ograničavanja naših sposobnosti za razvoj, već prirodni ekonomski put koji će osigurati da gradovi ostanu prikladni za život.

2.2.3 Ekologija i izgrađeno okruženje

Zeleni krovovi, urbano šumarstvo, zelene zgrade, bare sa atmosferskim vodama, biosplavovi, živi zidovi, parkovi, livade i plaže nikada neće zameniti strukturu, kvalitet i složenost ekosistema koji su postojali pre urbanizacije. Ali istraživanje je pokazalo sposobnost gradova da podrže značajne nivoe biodiverziteta (Charles H. Nilon, Myla F. J. Aronson, Sarel S. Cilliers, Cynnamon Dobbs, Lauren J. Frazee, Mark A. Goddard, Karen M. O'Neill, Debra Roberts, Emilie K. Stander, Peter Werner, Marten Winter, Ken P. Yocom, 2017).

Iako su gradovi centri potrošnje i promene korišćenja zemljišta, oni predstavljaju značajnu priliku za unapređenje globalne održivosti i ekoloških ciljeva. Na primer, gradovi prednjače u planiranju prilagođavanja i ublažavanja klimatskih promena, a istraživanje dinamike urbanih ekosistema otkriva potencijal za upravljanje lokalnim i velikim promenama životne sredine (McPhearson, T., Hamstead, Z.A., & Kremer, P. , 2014).

Prepoznajući ograničenja urbane ekologije, postoji nekoliko metrika koje opravdavaju optimizam — npr. površina lišća. Kako zgrade postaju sve više prožete vegetacijom, površina lišća može biti jednaka ili veća od onoga što se procenjuje da je bilo prisutno u ekosistemu koji je postojao pre poremećaja na lokaciji. Ovo je neverovatno uzbudljiva perspektiva, jer bi mogla da stvori neto dobit od ekoloških usluga. Bosco Verticale u Milanu, Italija, dobar je presedan za zgrade koje su uspele da prihvate vegetaciju. Ovaj razvoj je inspirisao novu generaciju zgrada sa vegetacijom.



Slika 4. Rezidencijalni toranj Bosco Verticale u Milanu, Italija (Izvor: Dreamstime, 2017)

Raznolikost vrsta je još jedna moguća optimistična metrika. Dok manipuliramo biljnim zajednicama koje koristimo, imamo mogućnost da prilagodimo te zajednice na osnovu naučnih preporuka, kako bismo pomogli u podršci većoj raznolikosti u biotičkim zajednicama.

Kako naš svet postaje sve urbanizovaniji, urbana šuma će sve više postajati važan rezervat biodiverziteta. Moramo prepoznati potencijal urbanih područja da sadrže važne količine biodiverziteta i da radimo na promovisanju te raznolikosti (Alvey, A. Alexis, 2006).

Očuvanje vrsta je takođe ključni potencijalni proizvod urbane ekologije. Moramo zapamtiti da je drvo *Ginkgo biloba* izumrlo u divljini, ali je bilo u stanju da preživi zahvaljujući ljudskoj intervenciji. Ovo bi se moglo proširiti i na vrste izvan drveća uz praćenje, stvaranje i zaštitu staništa. Druge metrike mogu uključivati veći obim staništa, povećane stope transpiracije i povećanu proizvodnju biomase, što bi se moglo postići vertikalnim razvojem (Friess, D.A. , 2017).

Ključna prednost dolazi od sposobnosti vertikalnog razvoja da stvori veću površinu, sa potencijalom za stvaranje veće ekološke produktivnosti.

2.2.4 Budući gradovi

Pa hoćemo li dozvoliti da se gradovi pretvore u konkretne distopije? Ili ćemo stvoriti zelene rajeve koje zaslužujemo? Prihvatajući urbanu ekologiju u obliku zelene infrastrukture i biofilnog dizajna, dozvoljavamo sebi da radimo sa prirodom, a ne protiv nje.

Uvek učimo o prednostima koje prirodne karakteristike donose izgrađenom okruženju, ali takođe učimo više o biljkama i životinjama. Možemo li da prilagodimo izgrađeno okruženje njihovim potrebama? Možemo li upariti našu potrebu za prirodnim uslugama sa potrebama domaćih ekosistema? Možemo li ostvariti neto dobit od ekološke produktivnosti? (Alkier, R., Milojica, V., Roblek, V., 2022)

Održivost je jedini put napred, što samo po sebi donosi uzbuđenje zbog budućnosti gradova za ljude, biljke i životinje. Svet poznaje heroje koji su kroz nauku, obrazovanje i implementaciju stvorili temelje za zelene gradove. Naša je uloga da olakšamo taj zadatak radeći sa vladama, programerima, arhitektama i graditeljima na implementaciji zelene infrastrukture i kreiranju zelenih strategija. Budućnost urbane ekologije nije mračna već svetla (Vešović, V., Vešović, P., 2018).

Brzina i obim rasta urbanog stanovništva bez presedana, potrebe za osnovnim uslugama, stanovanjem, transportnim sistemima i urbanom infrastrukturom, stavljaju gradove u centar trenutnih izazova održivosti. Intenzivirana ljudska aktivnost u gradovima je odgovorna za povećanje uticaja gradova na životnu sredinu i ključni je faktor koji doprinosi klimatskim promenama. Sa druge strane, gradovi predstavljaju čvorišta za saradnju, kreativnost i inovacije, i referentnu tačku za tehnološko eksperimentisanje. Ova koegzistencija potreba, ali i prilika, čini gradove savršenim testovima za rešenja koja mogu da odgovore na velike izazove rasta, bezbednosti, održivosti i klimatskih promena (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E., 2021).

Budućnost gradova zavisi od načina na koji će se urbani ekosistemi, definisani ovde kao sistemi zasnovani na distriktima, aktivnostima i mrežama, koje stvara zajednica aktera prema specifičnim pravilima i tokovima znanja, razvijati i transformisati kroz usvajanje pametnih tehnologija, digitalne platforme i inteligenciju zasnovanu na podacima (Alizadeh, B., Hitchmough, J., 2019). Godina 2020. bila je izuzetno kritična za gradove i zajednice širom sveta zbog pandemije COVID-19. Pandemija je dramatično uticala na srž urbanog života i postavila je velike izazove za lokalne samouprave. Na

preseku ovih izazova ističe se jedna tema: važnost da gradovi postanu humaniji i da se neguje snažan osećaj povezanosti, rasvetljavajući ono o čemu bi gradovi trebalo da najviše brinu – ljude (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021).

U tom smislu, prepoznati su zajednički modaliteti koji odlikuju buduće gradove. Ovi modaliteti nisu podjednako primenljivi ili poželjni za sve gradove. Oni pokrivaju većinu domena jednog grada i dotiču se glavnih promena koje proizilaze iz pandemije. Međutim, ne predstavljaju recept za svaki grad – na kraju krajeva, ne postoji jedinstven pristup razvoju grada (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

2.2.5 Zeleno planiranje javnih prostora

Gradove treba planirati i dizajnirati za ljude, sa „zelenim“ ulicama, novim koridorima i javnim prostorima kao centrima društvenog života.

Urbana područja tradicionalno karakteriše velika gustina naseljenosti i teška gradnja koja podržava moderne pogodnosti, kao što su transport i komercijalne zgrade. Sada se suočavaju sa sve većim pritiskom širenja populacije, ograničenih resursa i sve većeg uticaja klimatskih promena. Jedan od indikatora za merenje ovog modaliteta je površina javnih i zelenih površina u gradu, jer nedostatak prirodnog prostora stvara nezdravu urbanu životnu sredinu (Indicators, 2023).

Gradovi bi trebalo da vode program dekarbonizacije. Postajanje niske emisije ugljenika je prvi korak ka ublažavanju emisija ugljenika i postizanju otpornosti ekosistema. U isto vreme, gradovi treba da obezbede da urbano planiranje bude sposobno da se nosi sa pritiscima klimatskih promena u agendi prilagođavanja (EEA, 2017).

Zelene javne površine uključuju (EEA, 2021):

- veliki broj drveća u gradovima (Beč je na prvom mestu u *Green View Index*-u MIT-ove *Senseable City Lab*, koji meri pokrivenost gradova krošnjama) (Euronews, 2022),
- stvaranje sve većeg broja javnih parkova i rešenja zasnovanih na prirodi u urbanoj sredini, negovanje bliže povezanosti sa prirodom čak i u gradovima sa velikom gustom naseljenosti,
- više objekata za šetnju i vožnju bicikla umesto dizajna i parkinga koji su usredsređeni na automobile, sa prostorom za decu i odrasle da uživaju u aktivnostima na otvorenom i podsticanje osećaja sigurnosti (prema studiji C40,

ulaganje u prelazak na masovni prevoz i razvoj koridora za pešačenje i biciklizam može smanjiti emisije ugljenika u gradovima za 5-15%) (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).

Gradovi širom sveta prepoznaju prednosti zelenog pristupa urbanističkom planiranju, jer imaju potencijal da snize gradske temperature, ublaže zagađenje vazduha i izgrade prirodnu otpornost životne sredine. Savet Svetskog ekonomskog foruma za globalnu agendu o budućnosti gradova uključio je povećanje pokrivanja zelenih krošnji u svoju listu deset najboljih inicijativa za urbano planiranje (Pešić, R., Petković, S., Veinović, S., 2008).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je razumeti pokretače održivosti i društvene ciljeve, promovisati ravnopravno, pravedno i integrisano urbanističko planiranje, ne potcenjivati moć angažovanja zajednice, te osigurati finansiranje.⁸

2.2.6 Pametne zdravstvene zajednice u gradovima

Pametne zdravstvene zajednice postaju sve važnije u gradovima širom sveta. Ove zajednice se fokusiraju na razvoj inovativnih ekosistema zdravstvene zaštite koji prevazilaze tradicionalni model dijagnostikovanja i lečenja bolesti. Umesto toga, one se usredsređuju na podršku blagostanju kroz rano otkrivanje, intervenciju i prevenciju bolesti, koristeći digitalne tehnologije.

Pandemija COVID-19 je brzo katalizovala svest o odnosu između javnog zdravlja i zdravlja u zajednici, i u mnogim slučajevima, pružila visoko lokalizovani uvid na zdravlje u okruženju. Ciljevi javnog zdravlja su najefikasniji i najrelevantniji kada se primenjuju na lokalnom nivou u zajednici ili urbanom naselju. Svaka zajednica ima svoje specifične demografske, sociokulturne i ekonomske karakteristike koje utiču na zdravlje i blagostanje njenih stanovnika.

Zdravstvena kriza tokom pandemije jasno je stavila do znanja: postoji uloga zajednice u stvaranju boljeg zdravstvenog okruženja, a gradovi treba da obrate više pažnje

⁸ U januaru 2019. godine, grad Freetown pokrenuo je plan „Transform Freetown“, trogodišnju viziju za razvoj grada, kako bi se pozabavio njegovim društveno-ekonomskim izazovima i ekološkim slabostima. Plan obuhvata četiri klastera i 11 prioriternih sektora. Cilj je smanjenje erozije i oticanja, kao i povećanje vegetacije u gradu za 50% do 2022. godine, sadnjom milion stabala (izvor: <https://fcc.gov.sl/transform-freetown/>).

na dobrobit svojih građana. Na globalnom nivou, pet od deset najvećih uzroka smrti je povezano sa nezdravim ponašanjem. Ovo stavlja u središte pažnje potrebu za preventivnom medicinom. Faktori koji utiču na zdravlje i ponašanje osobe su složeni. Stoga zajednice (fizičke i virtuelne) moraju imati ulogu (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

Gradovi će razviti ekosisteme zdravstvene zaštite koji će se udaljiti od fokusa isključivo na dijagnostikovanje i lečenje bolesti i povreda, na onaj koji je podjednako fokusiran na podršku dobrobiti kroz ranu intervenciju i prevenciju. Umesto da budu dizajnirani i finansirani za lečenje pojedinačnih pacijenata, oni će više ceniti međusobnu povezanost zajednica. Društvene determinante zdravlja biće bolje shvaćene, a vlada i privatni sektor će sarađivati na rešavanju nekih od ovih izazova (Božić,B., 2011).

Kako se nega bude kretala izvan bolničkih zidova, novi akteri zajednice i disruptori će postati ključni u formiranju novog ekosistema. Naučni napredak i pristupačnost personalizovane zdravstvene zaštite (genomika, mikromika, metabolizam i bihejvioralna ekonomija) obezbediće da nega bude prilagođena pojedincima i njihovim porodicama. Zdravstveni put građana će biti podržan interoperabilnim podacima i analitikom koji će ih voditi kroz pozitivne zdravstvene izbore i ponašanja (Jacyna,M., Wasiak,M.,Lewczuk,K.,Karoń,G., 2017).

Gradovi imaju odgovornost da stvaraju zdravu životnu sredinu. Pametne zdravstvene zajednice (SHC - Smart Healthcare Communities) angažuju pacijente, kompanije i javna tela da pruže digitalne zdravstvene usluge, kako bi razvili i oblikovali zajednice, dramatično smanjujući troškove, poboljšavajući zdravlje i dugovečnost i promovišući ekonomski rast. Vlade deluju kao pokretači promena promovišući ovaj međusobno povezani ekosistem zdravstvene zaštite. Grad, kao geografski SHC, može da pokrene pomak ka preventivnim i kurativnim terapijama, kao i da obezbedi rešenja koja neguju kolektivno i kooperativno zdravo ponašanje i generišu i analiziraju interoperabilne podatke za predviđanje rizika i procenu uticaja. Iako je privatnost briga, ulaganje u pametne inicijative za javno zdravlje stvara značajan povraćaj investicija za gradove uz poboljšanje javnog zdravlja i blagostanja (Jacob,B., Cottineau,L.M., 2016).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je raditi na stvaranju poverenja, investirati u infrastrukturu privatnosti i bezbednosti podataka, uspostaviti partnerstva između javnih i privatnih zainteresovanih strana (vladinih agencija,

tehnoloških kompanija, zdravstvenih i naučnih aktera, medija, NVO, subjekata socijalne zaštite i građana), sarađivati sa tehnološkim kompanijama da bi pokrenuli programe za podizanje svesti i platforme za deljenje znanja, uspostaviti finansijska čvorišta vođena zajednicama kako bi se ojačao domet i kapaciteti podrške i operativna efikasnost SHC-a, restrukturirati politike i razmotriti podsticanje razvojnih planova SHC.⁹

2.2.7 15-minutni grad

Gradovi se projektuju tako da se sadržaji i većina usluga nalaze na udaljenosti od 15 minuta hoda ili vožnje biciklom, stvarajući novi pristup susedstvu. Urbanisti se fokusiraju na važnost planiranja susedstva i 15-minutni grad nudi tu samoodrživost (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020). Ovaj koncept grada – prvenstveno razvijen da smanji emisiju ugljenika smanjenjem upotrebe automobila i motorizovanog prevoza na posao – je decentralizovani model urbanog planiranja, u kojem svako lokalno naselje sadrži sve osnovne društvene funkcije za život i rad. Mnogi ljudi tvrde da će koncept stvaranja lokalizovanih naselja u kojima stanovnici mogu dobiti sve što im je potrebno u roku od 15 minuta hodajući, biciklom ili javnim prevozom na kraju poboljšati kvalitet života. Takvi prostori podrazumevaju višenamenska naselja umesto odvojenih zona za rad, život i zabavu, što smanjuje želju za nepotrebnim putovanjima, jača osećaj zajedništva i poboljšava održivost i životnu sposobnost (Shehab,M., Pope,F., 2019).

Danas, većina gradova ima kvartove „zasnovane na operacijama“, sa odvojenim oblastima koje se koriste pretežno za posao ili zabavu. Fragmentirano urbanističko planiranje dovodi do širenja, pri čemu ljudi moraju da putuju po gradu na velike udaljenosti da bi stigli do svog odredišta. Nasuprot tome, kompaktni gradovi budućnosti, ili „hiperlokalizacija“, daju prioritet strategijama za urbanu infrastrukturu koje imaju za cilj da unesu sve elemente za život i rad u lokalne mesne zajednice (Degraeuwe, B., Pisoni, E., Peduzzi, E., DeMeij, A., Monforti-Ferrario, F., Bodis, K., Mascherpa, A., Astorga-Llorens,M., Thunis, P., Vignati, E., 2019).

⁹ Čikago daje prioritet uspostavljanju visoko međusobno povezanog ekosistema zdravlja i dobrog zdravlja. Da bi to uradio, grad je pokrenuo Healthy Chicago 2.0 2016 i Healthy Chicago 2025 (međusektorsku saradnju) 2020. godine. To je plan grada sa više zainteresovanih strana da maksimizira zdravstvenu jednakost i blagostanje za svoje građane (izvor: https://www.chicago.gov/city/en/depts/cdph/provdrs/healthy_communities/svcs/healthy-chicago-2025.html)

„15-minutni“ grad je iteracija ideje „susedskih jedinica“ koju je razvio američki planer Klarens Perri tokom 1920-ih. Teorija „novog urbanizma“, koncept urbanog planiranja i dizajna koji promoviše gradove koji se mogu preći hodom, kasnije je stekao popularnost u SAD tokom 1980-ih. Slične verzije „urbanih ćelija“ ili 30- i 20-minutnih naselja takođe su se pojavile širom sveta u poslednjoj deceniji (Alkier, R., Milošević, V., Roblek, V., 2022).

Model rezoniranja će dobiti dodatnu snagu u budućnosti, podstaknut tokom poremećaja COVID-19, novim načinima rada koji zahtevaju manje transporta. Sa klimatskim promenama kao glavnim globalnim problemom, ovaj model je preporučen za gradove širom sveta, tvrdeći da njegov pristup pešačenju doprinosi smanjenju emisije gasova staklene bašte i podržava ekološku održivost (WB, 2021).

Iako ovaj pristup možda nije u potpunosti primenljiv na svaki grad, verovatno je pogodniji za velike metropole nego za manje gradove – rad na daljinu i digitalizacija usluga su povećali podsticaj za primenu principa planiranja naselja bez obzira na veličinu grada.

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je povezati ciljeve održivosti i inicijative urbanog planiranja, osigurati podršku zajednice, decentralizovati osnovne usluge, pokrenuti šeme za promovisanje pristupačnog stanovanja u svakom naselju, omogućiti fleksibilno korišćenje urbanih prostora i imanja u naseljima.¹⁰

2.2.8 Mobilnost: inteligentna, održiva i uslužna

Gradovi rade na ponudi digitalne, čiste, inteligentne, autonomne i intermodalne mobilnosti, sa više prostora za šetnju i biciklizam, gde se prevoz obično pruža kao usluga. Nije više popularna ideja upotrebe Smart City sistema, koji pokušavaju da optimizuju tok saobraćaja u cilju većeg protoka automobila, već se traži rešenje nekorišćenja automobila u gradovima.

Ovo je jedna oblast u kojoj gradovi treba da očekuju velike promene (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B., 2020). Neke velike

¹⁰ Inicijativa je realizovana u Parizu i fokusira se na smanjenje emisije ugljenika, davanje prioriteta pešacima i biciklistima i „decentralizaciju“ grada. Prioritetne oblasti uključuju lak pristup radnim mestima, prodavnicama, školama, klinikama i kulturnim aktivnostima. Koncept ove ekološke transformacije zasniva se na četiri stuba, a to su: blizina, raznovrsnost, gustina i sveprisutnost – sa ciljem ispunjavanja osnovnih društvenih funkcija života, rada, snabdevanja, brige, učenja i uživanja (izvor: <https://www.paris.fr/dossiers/paris-ville-du-quart-d-heure-ou-le-pari-de-la-proximite-37>)

promene u načinu na koji se ljudi kreću po gradovima su već u toku, ali će se trend dalje ubrzati u sledećoj deceniji, sa elektrifikacijom, autonomnom vožnjom, pametnom i povezanom infrastrukturu, modalnom raznolikošću i mobilnošću koja je integrisana, otporna, zajednička i održiva – pokretano disruptivnim poslovnim modelima. Čak 54% gradskih čelnika je priznalo da će ponovo razmisliti o mobilnosti i prevozu nakon pandemije COVID-19 (ThoughtLab, 2022).

Očekuje se da će ljudi generalno putovati manje nego u prošlosti. Sa novim konceptima urbanog planiranja kao što je „15-minutni grad“ koji promovise kompaktna okruženja, „povezane koridore“ i promene u načinu na koji ljudi rade, kretanje unutar urbanih sredina će se značajno smanjiti, a bicikli, skuteri, pa čak i pešačenje će biti sve više preferirane opcije u naseljima zajednice.

Procenjuje se da će 2030. godine električna vozila (EV - Electric Vehicles) imati oko 32% ukupnog tržišnog udela u prodaji novih automobila na globalnom nivou, iako će postojati razlike između regiona (Hamilton, J., 2021).

Nedavno istraživanje Deloitte-a u SAD procenjuje da bi do 2040. godine do 80% putničkih milja (1 mile = 1,6 km) pređenih u urbanim sredinama moglo da bude u zajedničkim autonomnim vozilima (Deloitte, 2022). Ovaj razvoj će voditi velike korporacije zasnovane na tehnologiji, automobilske i transportni sektor i start-up-ovi zasnovani na tehnologiji. Rešenja kao što su putnički dronovi kompanije EHang i dostava dronom kompanije Amazon brzo napreduju. Logističke kompanije sve više traže autonomnu tehnologiju kako bi zadovoljile rastuću potražnju za proizvodima.

Gradovi kao što je Helsinki, takođe će imati koristi od povećanja multimodalne mobilnosti na zahtev i platformi MaaS (Mobility-as-a-Service). Na primer, stanovnici će moći da planiraju i digitalno rezervišu putovanja od vrata do vrata, da koriste istu kartu za sve vidove transporta, da pristupe automatizovanim uslugama isporuke tereta na poslednjem kilometru i da imaju pregled u realnom vremenu od početka do kraja prevoza tereta u tranzitu – i sa besprekornim modelima plaćanja (CCV, 2021).

Sa podacima koji igraju centralnu ulogu u nekim od ovih promena, prilagođena putovanja su nešto što će gradovi početi da isporučuju, segmentirajući svoje klijente (građane) u kontekstu mobilnosti i implementirajući strategije za svaki segment tržišta. Predviđa se da će vrednost „inteligentne“ mobilnosti porasti na 850 milijardi evra (EUR) do 2025. godine, što predstavlja više od 1% globalnog BDP-a (Laborda, J., 2021).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je usvojiti holistički pristup (i razmotriti ukupnu kombinaciju mobilnosti) i početi sa minimalnim održivim ekosistemom za „pametnu mobilnost“, dodajući funkcije tokom vremena na agilan način, investirati u infrastrukturu – fizičku, energetska, digitalnu i telekomunikaciju – koja podržava efektivnu transformaciju, imati na umu da je potrebna nova generacija vozila i da bi trebalo da dođe do oživljavanja upotrebe nekih postojećih tipova vozila, kao što su motocikli i bicikli, sa jakim fokusom na mikromobilnost. Upravljanje mobilnošću je prioritet, kako upravljanje imovinom (infrastruktura i vozila) tako i upravljanje klijentima (ljudima). Propisi treba da se prilagođavaju novim okolnostima, pokrivajući bezbednost vozila i odgovornost u slučajevima nesreća, upravljanje podacima i privatnost, interoperabilnost, povezanost, rizik i odgovornost i sajber bezbednost.¹¹

2.2.9 Inkluzivne usluge i planiranje

Gradovi se razvijaju tako da imaju inkluzivne usluge i pristupe, boreći se protiv nejednakosti, obezbeđujući pristup stanovanju i infrastrukturi, jednaka prava i učešće, te poslove i mogućnosti. Inkluzija je dobra opcija. Očigledno je da se radi o pravičnosti, to je ispravna stvar, ali je takođe od suštinskog značaja za ekonomski opstanak gradova (Kellogg, S.T. , 2021).

Gradovi nisu samo centri ekonomskog razvoja. Simbolizuju jednakost, zdrav zajednički suživot i prosperitet za sve. Socijalna inkluzija treba da bude ključni stub urbanog rasta i razvoja za gradove budućnosti, imajući u vidu tri gradivna bloka koje je identifikovala Svetska banka: prostornu inkluziju (obezbeđivanje pristupačnog stanovanja, vode i kanalizacije), socijalnu inkluziju (proširivanje jednakih prava i učešća) i ekonomsku inkluziju (otvaranje radnih mesta i pružanje mogućnosti građanima za ekonomski razvoj) (WB, 2021).

Gradove treba planirati i dizajnirati tako da generišu društvene i ekonomske rezultate za sve, izbegavajući troškove koji nastaju kada su ljudi isključeni. Iako su siromašni obično najviše pogođeni, gradovi će takođe ukloniti barijere uzrokovane razlikama u polu, rasi, nacionalnosti, invaliditetu ili religiji. Inkluzivni dizajn bi mogao da znači izgradnju urbanih centara koji uključuju rodno opredeljenje kako bi se obezbedili

¹¹ Los Anđeles radi na implementaciji održivih i pametnih rešenja za mobilnost. Grad ima za cilj da smanji zagađenje vazduha ubrzavanjem elektrifikacije saobraćaja
(izvor: <https://www.scientificamerican.com/article/los-angeles-accelerates-efforts-to-electrify-its-infamous-traffic/>)

sigurni prostori za negovatelje i instaliranje funkcija pristupačnih invalidskim kolicima za osobe sa poteškoćama u kretanju. Inkluzivni dizajn može značiti izgradnju zelenijih i sigurnijih naselja za sve građane i ulaganje u stvaranje sigurnih i radosnih prostora za igru dece i pristupačnih mesta za starije, čineći gradove prijatnim za „srebrnu“ generaciju. Inkluzivni sistem socijalne zaštite će obuhvatiti migrante i ponuditi im prilagođene usluge koje se odnose na njihove posebne potrebe i okolnosti, baš kao i za sve ostale (Liang, D., de Jong, M., Schraven, D., Wang, L., 2021).

Već postoje neki znaci da gradovi daju prioritet inkluziji. Istraživanje u 167 gradova širom sveta pokazalo je da 40-47% koristi metriku da prati napredak ka ciljevima inkluzije, iako je većina u naprednim ekonomijama (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

Digitalizacija omogućava vlastima da olakšaju pristup nizu usluga, ubrzaju poslovne mogućnosti, analiziraju društvene praznine, obrazuju masovnu publiku, prikupljaju podatke u realnom vremenu, podstaknu donošenje odluka zasnovanih na podacima, olakšaju predviđanje i proaktivno upravljanje i angažuju veću publiku u društvenim mrežama. Takođe, oslobađa kapacitet vlade da preusmeri ograničene administrativne resurse i resurse za upravljanje predmetima onima kojima je to najpotrebnije (Mihajlović, P., Stošić, Lj., 2016).

Iako je osnovni uslov za socijalno uključivanje, tehnologija takođe može stvoriti disparitete. Gradski planeri treba da budu svesni velikog broja „digitalno nevidljivih“ građana, kako bi izbegli iskrivljavanje rezultata analize grada koji bi ugrozili napore urbanističkog planiranja i čak doprineli povećanju jaza u nejednakosti (Charles H. Nilon, Myla F. J. Aronson, Sarel S. Cilliers, Cynnamon Dobbs, Lauren J. Frazee, Mark A. Goddard, Karen M. O'Neill, Debra Roberts, Emilie K. Stander, Peter Werner, Marten Winter, Ken P. Yocom, 2017).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je implementirati proaktivna multisektorska rešenja, kako preventivna tako i kurativna, promovisati integrisani pristup planiranju umesto fragmentarnog, slediti pristup dizajna koji je usredsređen na pravičnost, poboljšati usvajanje tehnoloških rešenja i digitalnih veština, podržanih prilagođenom regulativom, potražiti ispravnost podataka, uspostaviti

inkluzivne laboratorije za život, koristiti agilne metode da se brzo odgovori i predvide potrebe građana.¹²

2.2.10 Grad kao digitalni inovacioni ekosistem

Gradovi nastoje da privuku talente, omoguće kreativnost i podstaknu disruptivno razmišljanje. Gradovi se razvijaju kroz pristup inovativnog modela uz kombinaciju fizičkih i digitalnih elemenata. Grad treba da bude neka vrsta grada otvorenog koda, gde delimo stvari koje radimo na licu mesta, a koje bi mogle da funkcionišu u različitim razmerama na različitim mestima, ne stvarajući protekcionistički pristup.

Dok su tradicionalno kompanije i industrijski parkovi koncentrisani u predgrađima grada, start-apovi i digitalni nomadi donose inovacije i ideje u gradske centre. Kako se broj stanovništva povećava u urbanim oblastima, gradovi se takmiče za investicije, kvalifikovane radnike (talente) i kulturnu istaknutost, a to pretvara urbane regione u centre za inovacije, koristeći podatke. U nekim gradovima sa departmanima za inovacije ili tehnologiju, pojedinci pokušavaju da naporno inoviraju. Gradovi će usvojiti višedimenzionalni pristup inovacijama, takozvani okvir petostruke inovacione spirale (interakcije između univerziteta, industrije, vlade, javnosti i životne sredine),¹³ a gradske vlasti će delovati kao platforme koje omogućavaju prave veze, politike, mesta i infrastrukturu da ekosistem procveta, rešavajući najistaknutije izazove grada i unošenje pozitivnih promena u grad i njegove industrije.

Gradovi će biti žive laboratorije za digitalnu transformaciju i centri za eksperimentisanje, koristeći podatke za razvoj pilot programa koji se mogu unaprediti. Stavljanjem privlačenja talenata u centar svoje strategije, grad se može razvijati sa ciljem da bude najatraktivniji domaćin (ljudi, kompanije i istraživački centri), kako bi se olakšao razvoj ekosistema. Gradska kuća mora da razvije prave veštine, prikupljanje i korišćenje podataka i da modernizuje svoj model upravljanja kako bi podstakla saradnju i podstakla otvorene inovacije. Povećanje nivoa usvajanja digitalnih inovacija u visokoprioritetnim ekonomskim sektorima stvara pozitivan uticaj na lokalnu konkurentnost, otvaranjem

¹² Pre dve decenije, grad Medeljin je bio ozloglašen po visokim stopama ubistava, ekonomskoj nejednakosti i socijalnoj isključenosti. Međutim, grad je počeo da se transformiše u urbanu inkluzivnu zajednicu kroz integrisani pristup planiranju poboljšanja povezanosti, obrazovanja i javnih objekata, sa posebnim fokusom na siromašne (izvor: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371128>).

¹³ Mineiro, A.A.d.C., Assis de Souza, T. and Carvalho de Castro, C. (2021), "The quadruple and quintuple helix in innovation environments (incubators and science and technology parks)", *Innovation & Management Review*, Vol. 18 No. 3, pp. 292-307. <https://doi.org/10.1108/INMR-08-2019-0098>.

novih izvora zapošljavanja i ekonomskog rasta (Mulas, V., Mingos, M., Applebaum, H., 2015). Takođe podržava prihvatanje disruptivnih i obećavajućih digitalnih tehnologija. Rad na daljinu produžio je listu gradova koji mogu usvojiti ovaj strateški pristup. U skladu sa teorijom o „usponu ostatka“ (Florida, R., 2019), prelazak sa privlačenja preduzeća na privlačenje talenata omogućava manjim gradovima da napreduju u svetu nakon pandemije, koristeći podatke kao izvor konkurentnosti u okruženju digitalnih inovacija. Vreme je za mala udaljena čvorišta.

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je stvoriti kapacitet za privlačenje talenata, stručnost i otvaranje mreža talenata, podsticati agilne procese i izbegavati kulturu izbegavanja rizika, dodati potrebne skupove veština i steći svest o mogućnostima koje nove tehnologije nude, osigurati standarde ovladavanja podacima i kompatibilnošću, prihvatiti novi način upravljanja i rukovođenja.¹⁴

2.2.11 Cirkularna ekonomija i lokalna proizvodnja u gradu

Sve više gradova usvaja kružne modele održivog razvoja koji se zasnivaju na zdravoj cirkulaciji resursa. Ovi modeli se fokusiraju na princip deljenja, ponovne upotrebe i vraćanja materijala u ciklus, umesto da se resursi koriste linearno i završavaju kao otpad. Ograničavanje količine komunalnog otpada postaje prioritet za mnoge gradove. To se postiže kroz politike i mere koje podstiču smanjenje otpada, recikliranje, kompostiranje i smanjenje upotrebe resursa. Gradovi promovišu i podstiču građane da koriste alternativne načine upotrebe resursa, kao što je deljenje i ponovna upotreba predmeta umesto da se kupuju novi. Takođe se sve više ističe značaj lokalne proizvodnje u gradovima. Urbana poljoprivreda postaje popularna praksa koja omogućava proizvodnju hrane u samim gradskim sredinama. Ovo smanjuje transportnu emisiju i osigurava pristup svežim i lokalno proizvedenim namirnicama. To zahteva viziju i angažovanje lokalnih administratora i privatnog sektora. Kružna ekonomija može promeniti lice gradova i istovremeno biti motor njihovog oporavka (Zhu, Y., Mao, C., Jia, Q., Barnes, S.J., & Yao, Q., 2022).

Statistika pokazuje da je u proseku automobil parkiran više od 90% vremena, da se prosečna kancelarija koristi samo 35-50% vremena, da se 30% hrane baca, te da se

¹⁴ Espo je među evropskim pretečama u inovacijama i održivom razvoju pametnih gradova. Dom vodećeg centra za inovacije i tehnologije u nordijskim zemljama, jakih istraživačkih instituta, malih i srednjih preduzeća i sedišta globalnih kompanija, Espoo je ekosistem inovacija u Finskoj (izvor: <https://eurocities.eu/cities/espoo/>).

polovina otpada proizvodi u gradovima. Gradovi sve više razvijaju aspekte cirkularne ekonomije, što podrazumeva odvajanje ekonomske aktivnosti od potrošnje ograničenih resursa i projektovanje otpada iz sistema (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

Šta znači živeti u gradu sa cirkularnom ekonomijom? To je grad koji: promovise bolje korišćenje resursa kroz politike nabavke, troši manje, a ponovo koristi i reciklira vodu, energiju, proizvode i materijale, reciklira i upravlja otpadom u skladu sa propisima, stimuliše ekonomiju popravke, pozajmljivanja i polovnu trgovinu, neguje način razmišljanja o deljenju (npr. putovanja automobilom, prostori i materijali), podstiče bolje korišćenje resursa u građevinarstvu (npr. 10-15% građevinskog materijala se rasipa tokom izgradnje), stimuliše inovativan pristup načinu na koji grad i njegovi građani troše, čuvaju i koriste resurse (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

Kružni ekonomski model je jedan od stubova strategije Evropskog zelenog dogovora (EC, 2020) i već postoje neki primeri njegove primene, kao i politike i mehanizmi za finansiranje tranzicije. Gradovi će takođe sve više podsticati pristup hrani i energiji „proizvesti lokalno“. Urbana i mala poljoprivreda dobija na snazi u nekim urbanim centrima kao način za isporuku sveže i zdrave hrane, uspostavljanje direktnog kontakta sa proizvođačima hrane i smanjenje emisije ugljenika, uz jačanje lokalne ekonomije. Inovativni pristupi bolje koriste prostor i svetlost, kao što su vertikalna poljoprivreda, hidroponika, LED poljoprivreda u zatvorenom prostoru i poljoprivreda na krovu. Istovremeno, energetska revolucija doprinosi kružnoj ekonomiji kroz decentralizaciju proizvodnje energije, uglavnom putem obnovljivih izvora (biogas, vetar, solarna energija, drvena biomasa, otpad, itd.) i van mreže i mikrogeneratora, utirući put samodovoljnost pri čemu gradovi generišu onoliko energije koliko i troše, stvarajući zajednice energije i nudeći dalje ekonomske mogućnosti.

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je obezbediti finansiranje tranzicije, uspostaviti fleksibilne i jednostavne regulatorne strukture i pametne nabavke, napraviti ili ponovo razmisliti o metrikama za merenje kružnosti, iskoristiti nacionalne ili regionalne politike i investirati u kampanje podizanja svesti.¹⁵

¹⁵ Metropolitanska vlada Seula pokrenula je program Sharing City Seoul 2013. godine, inicijativu koja koristi tehnologiju za podršku preduzećima sa konceptom deljenja za smanjenje otpada i nedovoljno iskorišćenih kapaciteta, smanjenje opštinskih troškova i podsticanje novih poslovnih prilika (izvor: <https://english.seoul.go.kr/policy/key-policies/city-initiatives/1-sharing-city/>).

2.2.12 Pametne i održive zgrade i infrastruktura

Gradovi imaju za cilj da sadrže regenerisane zgrade i da iskoriste podatke za optimizaciju potrošnje energije i korišćenja i upravljanja resursima u zgradama i komunalnim uslugama: otpad, voda i energija. Potrebno je da se koriste različite karakteristike različitih zgrada da bi se bolje upravljalo energijom na način da se npr. toplota koju generiše jedna zgrada može koristiti za drugu zgradu, a to je moguće putem digitalizacije. Prostor za pametne zgrade se seli u pametno mesto u okruženju (Florida,R., 2019).

U 2019. godini, Koalicija za urbane tranzicije je procenila da bi bilo moguće smanjiti emisije iz gradova za oko 90% do 2050. godine (15,5 Gt CO_{2e} do 2050. godine) korišćenjem dokazanih tehnologija i praksi, posebno za zgrade i infrastrukturu. Procenjena smanjenja obuhvataju 36,5% za stambene zgrade i 21,2% za poslovne zgrade. Zgrade su trenutno odgovorne za 30-40% ukupnih emisija u gradu. Da bi se postigao taj cilj do 2050. godine, emisije iz zgrada moraju biti 80-90% manje nego danas (Alizadeh, B., Hitchmough, J. , 2019).

Mnoge zgrade su energetske neefikasne i značajno doprinose emisiji ugljenika. U EU, zaključno sa februarom 2020. godine, otprilike 75% građevinskog fonda bilo je energetske neefikasno. Dakle, postoji način za napredak. Tokom 2019. godine samo je 5% projekata pametnih gradova bilo usmereno prvenstveno na inovacije u zgradama, a samo 13% je imalo „neki nivo“ fokusa na zgradama (Florida,R., 2019).

Svetski savet za zelenu gradnju definiše zelenu zgradu kao onu koja, „u svom dizajnu, izgradnji ili radu, smanjuje ili eliminiše negativne uticaje i može stvoriti pozitivne uticaje na našu klimu i prirodno okruženje, sačuvati dragocene prirodne resurse i poboljšati kvalitet našeg života.“ S obzirom na pritisak na gradove da deluju na klimatske promene, zelene zgrade će zauzeti naše urbane centre. Osim što će biti izgrađeni od održivih i etičkih materijala, oni će biti efikasni po pitanju energije, vode i resursa, ekološki prihvatljiviji po dizajnu – napajaju se obnovljivim izvorima energije (kao što je solarna) i sposobni su da proizvode sopstvenu energiju (potrošači električne energije), pokriveni vertikalnim i/ili krovnim vrtovima, i sposobni da obezbede bolje unutrašnje okruženje za one koji u njima žive ili ih koriste (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021).

Povrh toga, oni će iskoristiti podatke i digitalnu tehnologiju kako bi omogućili da komponente infrastrukture postanu efikasnije i bolje prilagođene korišćenju zainteresovanih strana. Poslovni modeli koje pružaju fleksibilni kancelarijski operateri će podstaći pristup „Kancelarija kao usluga“ ili čak „nekretnine kao usluga“ (Dakhia, K., Berezowska-Azzag, E. , 2010).

Predviđa se da će do 2028. godine biti više od 4 milijarde povezanih uređaja (IoT - Internet of Things) u komercijalnim pametnim zgradama. Oni će biti napajani telekomunikacionim infrastrukturama, sa 5G i visoko efikasnim Wi-Fi (6 ili 6E) na čelu i pametnim komunalnim uslugama kao što su kao struja, otpad i voda (Friess, D.A. , 2017).

Od maja 2020. godine, 28 velikih gradova potpisalo je Obavezu Svetskog saveta za zelenu gradnju o neto nultim emisijama ugljenika, kojom se gradovi pozivaju da do 2030. godine dostignu operacije sa nultom emisijom ugljenika za sva sredstva pod njihovom direktnom kontrolom i da se zalažu da će sve zgrade imati nulte neto emisije ugljenika u radu do 2050. godine (Degraeuwe, B., Pisoni, E., Peduzzi, E., DeMeij, A., Monforti-Ferrario, F., Bodis, K., Mascherpa, A., Astorga-Llorens, M., Thunis, P., Vignati, E., 2019).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je definisati viziju i tehnološke smernice i razviti mapu puta, stimulirati i dati prioritet projektima renoviranja, izgradnje i restauracije koji su usmereni na održivost, pokrenuti planove podsticaja za promovisanje alternativnih materijala i izgradnju snažnog ekosistema angažovanja, ulaganja u popularne sisteme kao što su 5G ili rešenja senzorne tehnologije, dobiti vrednost iz podataka, promovisati standarde i politiku razmene podataka.¹⁶

2.2.13 Masovno učešće u izgradnji i razvoju grada

Sve više gradova se razvija sa fokusom na čoveka, gde su građani u centru planiranja i dizajna urbanih prostora. Ovaj pristup podrazumeva da se gradovi grade sa i za svoje građane, uključujući njihove potrebe, želje i perspektive. Zamislamo grad kao uslugu. Lako je koristiti digitalizaciju i pitati svoje stanovnike i kupce o uslugama koje se pružaju. Ako postoji ta orijentacija na kupca, prilično je lako poboljšati svoje usluge.

¹⁶ Singapur je rano usvojio zelenu arhitekturu i inicijative održivog urbanog planiranja. Godine 2005. uveo je šemu sertifikacije Green Mark, inicijativu za usmeravanje građevinske industrije u Singapuru ka ekološki prihvatljivijim zgradama. Sada je cilj da najmanje 80 odsto zgrada u Singapuru bude zeleno do 2030. godine (izvor: <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme>).

Kako izgleda idealno iskustvo u gradu? Kako grad može doprineti svetlijoj globalnoj budućnosti? Kako bismo želeli da nam deca rastu u gradu? Po čemu bismo želeli da naš grad bude poznat širom sveta?

U gradovima sa otvorenom vladom i masovnim učešćem, postavljaju se pitanja koja angažuju građane, društvene inovatore, organizacije civilnog društva, preduzeća i akademsku zajednicu u procesu oblikovanja i razvoja grada. Ova pitanja se često koriste kao alat za angažovanje i prikupljanje ideja, mišljenja i perspektiva široke zajednice (u modelu petostruke spirale¹⁷), zatvarajući jaz između lokalne uprave i ekosistema (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A., 2022).

Kroz masovno učešće, podržano otvorenim podacima i tehnologijom i uz lokalnu samoupravu koja deluje kao platforma, gradovi mogu koristiti građane kao „senzor“ i imati koristi od veće inovacije, boljeg korišćenja resursa i povećanog osećaja vlasništva. Zajedničko stvaranje kroz masovno učešće je dvosmerni ili višesmerni pristup usmeren na čoveka, a ne samo pristup odozdo prema gore ili tradicionalni pristup odozgo nadole (Babí Almenar, J., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Navarrete Gutiérrez, T., Sonnemann, G.W., Geneletti, D., 2021).

Gradovi su sve inovativniji u načinu na koji promovišu učešće, a tehnologija igra ključnu ulogu u omogućavanju inovacija – npr. mobilne aplikacije i veb-sajtovi za izveštavanje smanjuju potrebu da se grupe sastaju lično kako bi razgovarali o novim idejama i sarađivali, a digitalna valuta otvara vrata strategijama gamifikacije. Ali da bi se osiguralo da su ispunjena tri principa otvorene vlade (učesće, saradnja i transparentnost), neophodno je imati platforme otvorenih podataka i druge inicijative. Participativni budžeti su dobra polazna tačka. Neki gradovi idu korak dalje i građanima i ekosistemu omogućavaju pristup informacijama u realnom vremenu, kako bi bili informisani o promenama koje utiču na mesto gde žive. Na kraju krajeva, gradovi će napredovati ka stvaranju pravih platformi za saradnju, podsticanju zajedničkog stvaranja i dovođenju do novih modela upravljanja (koupravljanje), gde se odgovornost deli među učesnicima i ne predstavlja samo teret za lokalnu upravu. Iz ove perspektive, stvara se nova kultura, a angažovanje građana se pojavljuje kao ključno za obezbeđivanje dugoročne održivosti

¹⁷ Model opisuje interakcije unutar ekonomije znanja. Uključuje pet podsistema ili spirala koji se ukrštaju: obrazovanje, privreda, prirodno okruženje, građansko društvo i politički sistem.

političkih inicijativa (McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. , 2015).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je angažovati gradsku populaciju u velikom obimu i kombinovati fizičke i virtuelne interakcije kad god je to moguće, pratiti digitalni imperativ, ali i stvoriti pametnu populaciju za pametne gradove, osigurati dostupnost i inkluzivnost za sve građane, uspostaviti jasne procese upravljanja i transparentnost kako bi povećali poverenje – omogućavajući otvorene vlade i saradnju, uskladiti ciljeve i očekivanja i napraviti jasne veze između učešća i donetih odluka.¹⁸

2.2.14 Gradski poslovi kroz veštačku inteligenciju

Gradovi usvajaju automatizovane procese i operacije (organizovane gradskom platformom) i prate pristupe planiranja zasnovane na podacima. Građani ne žele grad koji reaguje na ono što se dešava, oni traže gradove koji će anticipirati budućnost, a tome služe veštačka inteligencija i celokupno znanje koje se u njoj prikuplja.

Mašine rade 24/7, a postoje operacije i zadaci koje gradovi obavljaju i koji će postajati sve pametniji pokretani veštačkom inteligencijom (AI - Artificial Intelligence). AI će doprineti optimizaciji operativne efikasnosti, od čega će imati koristi gradski menadžeri, a na kraju i građani, kroz preoblikovano pružanje usluga. Čak 66% od 167 anketiranih gradova ulaže mnogo u veštačku inteligenciju, a 80% će to činiti u naredne tri godine (Wei, S., Cheng, S. , 2022).

Dok su chat botovi trenutno među najčešćim rešenjima koje pokreće veštačka inteligencija, gradovi će evoluirati tako da imaju digitalne platforme kao „gradske mozgove“, gde su sve urbane aktivnosti orkestrirane i upravljane, pružajući holistički pogled na grad, omogućavajući brzu korelaciju događaja i upornu analizu osnovnog uzroka, prediktivnu analizu (kroz mašinsko učenje) i upravljanje incidentima, i pružanje operativnih uvida kroz vizuelizaciju. Ako se ponašanje skoro svakog građanina registruje putem anonimnih podataka, a 5G tehnologija omogućava gradovima da postanu ogromni povezani ekosistemi, biće od najveće važnosti da se maksimizira vrednost podataka i unapredi planiranje i donošenje odluka koristeći veštačku inteligenciju i analitiku podataka, na putu ka kognitivnom gradu. Gradska platforma je zrelo rešenje za pametni

¹⁸ Evropska komisija je 2020. godine gradu Levenu dodelila titulu Evropske prestonice inovacija u znak sećanja na njegove inovativne ideje i okvire za njihovu primenu (izvor: <https://ec.europa.eu/info/news/leuven-european-capital-innovation>).

grad za pet do deset godina, kada se očekuje da će 1-5% gradova koristiti gradsku platformu za upravljanje svojim operacijama (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

Gradovi mogu napredovati. Gradovi poput Dablina i Singapura, između ostalih, stvaraju digitalne blizance – dinamičnu digitalnu repliku svojih fizičkih sredstava i okruženja i njihovih međuzavisnosti – za potrebe urbanog planiranja i korišćenje mašinskog učenja za predviđanje budućih događaja i trendova. Digitalni blizanci će postati sve moćniji u omogućavanju odluka zasnovanih na podacima i imaće visoku stopu usvajanja među gradskim vlastima, uz obećanje da će gradove učiniti otpornijim. Istraživanje predviđa da će do 2025. godine broj urbanih digitalnih blizanaca premašiti 500 (Cao, Y. , 2021).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je početi sa strategijom podataka i upravljanjem, aktivirati važnost pitanja privatnosti i stimulisati kulturu poverenja, osigurati standarde podataka i interoperabilnost, izbegavati algoritamsku pristrasnost, razviti prave veštine među gradskom radnom snagom, pridržavati se pristupa operacijama fokusiranih na građane.¹⁹

2.2.15 Sajber bezbednost i svest o privatnosti u gradu

Gradovi nastoje da promovišu svest o važnosti privatnosti podataka i da se pripreme za uticaj sajber napada, jer će podaci biti važna gradska roba. U početku su gradovi smatrali da treba da stvore „tvrđave“, a zatim su počeli da shvataju da će korišćenje *oblaka* (cloud) biti bezbednije, jer mnogi provajderi usluga u *oblaku* imaju stručnjake za bezbednost sa većim kapacitetom za nadgledanje, otkrivanje i sprečavanje napada (Marchiori, M., 2018).

Kako usluge postaju visoko integrisane i međusobno povezane, a ranjivosti stvorene tokom razmene podataka sve češće, bezbednost podataka je od vitalnog značaja.

¹⁹ Kaškaiš je primorsko letovalište sa 211.000 stanovnika koji privlači više od 1,2 miliona turista godišnje i ima za cilj da bude „najbolje za život za jedan dan ili ceo život“. Da bi podstakao efikasnost u infrastrukturi, transportu, javnoj bezbednosti i drugim uslugama, grad ima misiju da „testira inovativna rešenja koja se mogu proširiti“. Razvio je veliki portfelj usluga zasnovanih na tehnologiji, od energetske efikasne zgrade do daljinskog plaćanja za parking, ali mu je nedostajala jedinstvena vizija u opštinskim domenima
(izvor: https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-prizes/european-capital-innovation-awards/meet-winners-2021-european-capital-innovation-awards/second-place-cascais-portugal_en).

U 2021. godini, prema anketama ukupni troškovi gubitaka od sajber napada za gradove su u proseku iznosili 4,24 miliona EUR.

Sajber-bezbednost je sada ključna tema za programere i planere pametnih gradova, a pažnja se skreće na rizike koji su svojstveni tako visoko međusobno povezanom okruženju. Međutim, dok industrija sajber bezbednosti razvija zrelo razumevanje o tome kako da izmeri i ublaži uticaj sajber napada na infrastrukturu u „nepametnim“ gradovima, postoji ograničeno znanje o potencijalnom uticaju napada na pametne gradove (Roblek, V., Dimovski, V., Meško, M., Peterlin, J. , 2022).

Napad na infrastrukturu pametnog grada može stvoriti efekte koji izlaze napolje i utiču na druge delove grada i zemlje, a i šire. Otpornost je suštinski koncept koji se mora uzeti u obzir pri stvaranju ovih složenih i veoma međusobno povezanih okruženja. Neophodno je koristiti otpornost kao kamen temeljac izgradnje grada i to na način koji se može povećati i ostati fleksibilan za buduće nadogradnje i poboljšanja (Sunita, Kumar, D., Shekhar, S. , 2021).

Kako se povećava složenost tehnologija, operativne međuzavisnosti i upravljanja sistemima, raste i interesovanje hakera da profitiraju iz ovog okruženja. U procesu razvoja inicijativa za pametne gradove, sajber bezbednost i privatnost moraju biti ključni faktori koji se uzimaju u obzir. Bez ove pažnje, pametni gradovi mogu biti izloženi raznim bezbednosnim rizicima, uključujući napade na kritičnu infrastrukturu, krađu podataka, neovlašćen pristup ličnim informacijama građana i druge sajber pretnje.

Planiranje unapred je neophodno. Prema jednoj proceni, 95% gradova 4.0 (odnose se na hiperpovezane gradove koji koriste tehnologiju, podatke i angažovanje građana u potrazi za ciljevima održivog razvoja) obezbeđuje da se sajber bezbednost razmatra u ranoj fazi procesa, u poređenju sa samo 51% ostalih gradova (Alkier, R., Milojica, V., Roblek, V., 2022).

Međutim, mnogi gradovi nisu spremni za izazove. Osim što su u velikoj meri zaostali u digitalnoj revoluciji, sa zastarelim tehnologijama koje vode kritičnu infrastrukturu, nedostaje im stručnost u ljudskim resursima da bi bili u stanju da se odupru izazovima (Muggah, R., Goodman, M., 2019).

Stvaranje ekosistema inovacija – kao što je to učinio Tel Aviv – može biti jedan od pristupa poboljšanju bezbednosti. Drugi pristup je ulaganje u modele javno/privatne

saradnje i koordinacije. Napore moraju podržati gradski rukovodioci, a ne da budu prepušteni samo spoljnim subjektima ili odeljenjima.

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je obezbediti glavne ciljeve: vladati kao nacija, tretirati pametne gradove kao odbrambeni ekosistem, ponovo krenuti sa otpornošću, sinhronizovati grad sa sajber strategijom i omogućiti fleksibilnost, imati jasno sajber upravljanje i upravljanje podacima uz odgovornost, iskoristiti ekosistem i izgraditi strateška partnerstva za rast sajber sposobnosti, uskladiti regulativu, usvojiti poseban alat za upravljanje pejzažom sajber bezbednosti pametnog grada, investirati u kampanje podizanja svesti o privatnosti.²⁰

2.2.16 Nadzor i predikcija policije pomoću veštačke inteligencije

Upotreba veštačke inteligencije (AI- Artificial Intelligence) u gradovima može biti od velike koristi za obezbeđivanje sigurnosti građana, ali istovremeno je važno uzeti u obzir i zaštitu privatnosti i osnovnih ljudskih prava. Tehnologija nije dobra ili loša, pitanje je kako se koristi. Tehnologija ne gradi odnose, ne gradi poverenje: ljudi to rade. Tehnologija se može dodati tek kada se uspostavi odnos poverenja.

Nadzor i predviđanje policije putem veštačke inteligencije je najkontroverzniji trend, ali onaj koji ima važne implikacije na budućnost gradova i društava. Tehnologija se često koristi kao sinonim za evoluciju, ali će možda morati da se preispita etika njene upotrebe. Osnovno pitanje je kakvo društvo želimo da izgradimo. Postoje sumnje i neizvesnosti u vezi sa uticajem veštačke inteligencije na zajednice i gradove: najosnovnija briga je privatnost, ali česte su debate o veštačkoj inteligenciji iz drugih perspektiva, kao što je njen uticaj na radna mesta, ekonomiju i budućnost rada. Stoga se ne može odvojiti diskusija o nadzoru i prediktivnoj policiji od nedavnih debata o društvenim, etičkim, pa čak i geopolitičkim dimenzijama (Alizadeh, B., Hitchmough, J. , 2019).

Tempo usvajanja AI u bezbednosne svrhe se povećao poslednjih godina. Nedavno je AI pomogla u stvaranju i pružanju inovativnih policijskih usluga, povezivanju policijskih snaga sa građanima, izgradnji poverenja i jačanju udruženja sa zajednicama. Sve je veća upotreba pametnih rešenja kao što su biometrija, prepoznavanje lica, pametne

²⁰ Izrael je stvorio ekosistem sajber bezbednosti koji bi mogao sam da identifikuje pretnje i odgovori na njih. Zatim je izgrađen okvir koji se stalno razvija za ovaj ekosistem, u saradnji između vlade i vojske, institucija znanja i poslovnog sektora
(izvor: <https://techcrunch.com/2020/02/11/israels-maturing-cybersecurity-startup-ecosystem/>).

kamere i sistemi za video nadzor. Nedavna studija je otkrila da pametne tehnologije poput veštačke inteligencije mogu pomoći gradovima da smanje kriminal za 30-40% i smanje vreme odgovora za hitne službe za 20-35%. Gradovi su počeli da prate mapiranje zločina u realnom vremenu, upravljanje gomilom i otkrivanje pucnjave. Gradovi koriste prepoznavanje lica i biometriju (84%), kamere u automobilu i na telu policije (55%), bespilotne letelice i nadzor iz vazduha (46%) i aplikacije za prijavljivanje zločina i hitne slučajeve (39%) radi obezbeđenja javne bezbednosti. Međutim, samo 8% koristi policijske podatke. Međunarodna korporacija za podatke (IDC - International Data Corporation) predviđa da će do 2023. godine, 40% policijskih agencija koristiti digitalne alate, kao što su video striming uživo i zajednički radni tok, kako bi podržala bezbednost zajednice i alternativni okvir za odgovor (Ahmad, M.O., Ahad, M.A., Alam, M.A., Siddiqui, F., Casalino, G. , 2021).

Nadzor nije novost, ali gradovi istražuju mogućnosti predviđanja kriminala analizom podataka nadzora, kako bi poboljšali bezbednost. Gradovi već snimaju slike u svrhe nadzora, a korišćenjem veštačke inteligencije slike se sada mogu analizirati i na njih se može reagovati mnogo brže. Mašinsko učenje i analiza obimnih podataka omogućavaju navigaciju kroz ogromne količine podataka o kriminalu i terorizmu, kako bi se identifikovali obrasci, korelacije i trendovi. Kada su pravi odnosi uspostavljeni, tehnologija je alat koji podržava agencije za sprovođenje zakona da bolje urade svoj posao i pokrenu promenu ponašanja. Krajnji cilj je stvaranje agilnih bezbednosnih sistema koji mogu otkriti kriminal, terorističke mreže i sumnjive aktivnosti, pa čak i doprineti efikasnosti pravosudnih sistema (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

Kako postići ove ciljeve uz poštovanje privatnosti i sloboda, ostaje ključno pitanje. Stručnjaci kažu da je skoro nemoguće dizajnirati široko prihvaćene etičke sisteme veštačke inteligencije, zbog ogromne složenosti različitih konteksta koje treba da obuhvate. Svaki napredak u AI za nadzor i prediktivnu policiju treba da bude praćen diskusijama o etičkim i regulatornim pitanjima. Iako bi vrednost ovih tehnologija mogla izgledati privlačno iz perspektive slučaja upotrebe, slobode i građanska prava moraju biti zaštićeni odgovarajućim propisima o privatnosti i ljudskim pravima. Ukratko, gradovi treba da razmotre da li korišćenje tehnologije za nadzor i policiju podrazumeva ustupke u pogledu pogodnosti na račun slobode (Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., de la

Barrera, F., Eleutério, A.A., MacGregor Fors, I., Reyes Paecke, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D., & Hernández, H.J., 2018).

Za uspešnu implementaciju ovog modaliteta, potrebno je uravnotežiti bezbednosne interese sa zaštitom građanskih sloboda, uključujući privatnost i slobodu, eksperimentisati odgovorno i prvo doneti regulativu, uspostaviti institucionalne odbore za pregled koji uključuju stručnjake iz više disciplina, kreirati mehanizme za praćenje i pregled algoritama, dati prednost korišćenju podataka o životnoj sredini umesto ličnih podataka, promovisati snažnu saradnju i poverenje između sistema za sprovođenje zakona i građana, pratiti digitalizaciju sa promenom kulture.²¹

2.3 Zagađenja urbanih ekosistema kroz istoriju

Šta ugrožava svetske urbane ekosisteme? Intenzivan i brz urbani rast je najveći pritisak na urbane ekosisteme. Izgledi za globalni urbani rast su zapanjujući. Urbana područja će dodati oko 2 milijarde novih stanovnika širom sveta do 2030. godine, što je porast sa sadašnje urbane populacije od 2,9 milijardi na 4,9 milijardi. U stvari, u današnjem svetu, skoro sav rast stanovništva je urbani rast. Ruralno stanovništvo će ostati stabilno u narednih 30 godina, dok se rast usmerava u gradove i predgrađa. Ovo upućuje da su potrebne akcije za izgradnju socijalnog kapitala i otpornost u ruralnim zajednicama (Ristić, V., 2020). Rast gigantskih gradova — megagradova sa više od 10 miliona ljudi — biće jedan od faktora budućeg urbanog rasta. Međutim, većina urbanog rasta neće se desiti u ovim megagradovima, već u manjim gradovima. Najbitnije za pejzaž je da će se urbana područja prostirati na znatno većoj površini nego danas, menjajući prirodna područja poput šuma, travnjaka i farmi u urbana i prigradska okruženja (Chen, W.Y., 2017).

Unutar postojećih gradova više ljudi će koristiti parkove i druge zelene površine, a razvoj će postepeno popunjavati prazne parcele, povećavajući stres na preostale zelene površine. Da bi se dala veća podrška urbanom rastu, potrebno je razmotriti da će se u naredne tri decenije stanovništvo megagradova povećavati za više od 2 miliona ljudi godišnje. Primera radi, danas je tri četvrtine stanovništva SAD urbano — oko 215 miliona ljudi. Do 2030. godine to će se povećati na 280 miliona — oko 85% stanovništva. Obrazac

²¹ U pripremama za Olimpijske igre u Tokiju 2020. godine, japanska policija je pokrenula prediktivnu saradnju sa AI-om. Sistemi veštačke inteligencije su u stanju da utvrde da li je ista osoba počinila više krivičnih dela, upoređujući podatke koji se odnose na svaki zločin. Koristeći ove informacije, AI može predvideti sledeći potez kriminalca (izvor: <https://insights.globalspec.com/article/8105/japan-to-launch-ai-system-to-predict-crime>).

раста, koji karakteriše širenje, posebno remeti pejzaž. Po pravilu, područja metropola su rasla mnogo brže po površini nego po broju stanovnika. Na primer, površina koju pokriva gradsko područje Detroita porasla je za 65% između 1960. i 1998. godine pošto je novo ruralno zemljište uključeno u prigradsku matricu, ali je stanovništvo Detroita poraslo za samo 26%. Istovremeno, budžet za brigu o urbanim šumama i zelenim površinama ne raste istom brzinom kao što rastu urbani pritisci. Kao rezultat toga, vitalne zelene karakteristike mnogih gradova — njihova zelena infrastruktura — opadaju u obimu (Francés, R.S., Valle, S.G., Rueda, N.G., Lucchitta, B. Croci, E. , 2021).

Pritisci na urbane ekosisteme u drugim regijama, posebno u Aziji, biće još intenzivniji. Kina će morati da se nosi sa oko 11 miliona novih urbanih stanovnika svake godine. Kineski zvaničnici procenjuju da će se oko 40 novih gradova izgraditi svake godine kako bi pomogli da se apsorbuje ovaj porast urbanizacije (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

Nezdravi urbani ekosistemi mogu dovesti do degradacije životne sredine, društvenih i ekonomskih problema, narušenog zdravlja ljudi i daljeg odvajanja od prirode. Istorija je pokazala da postoji nekoliko specifičnih izazova koji ometaju razvoj zdravih i prosperitetnih urbanih ekosistema (Alberti, M., 2008).

Oduzimanje zemljišta i pritisak negativno utiču na održivost urbanih ekosistema, ekonomsku valorizaciju zemljišta koja rezultira konverzijom šuma, močvara, poljoprivrednih površina itd. za stambene, industrijske, komercijalne i transportne svrhe. Takav trend ima negativnih uticaja na urbani ekosistem na različitim nivoima: npr. izvor je zagađenja koje proizilazi iz industrijske aktivnosti i zagađenja zemljišta, ili implicira značajno smanjenje urbane poljoprivrede.

2.3.1 Istorija zagađenja bukom

Tokom istorije, čovečanstvo je bilo izloženo raznim prirodnim i ljudskim bolestima. U 21. veku doživljavamo pošast ekološke buke koju je stvorio čovek od koje praktično nema spasa, gde god da se nalazimo – u našim kućama i dvorištima, na našim ulicama, u našim automobilima, u pozorištima, restoranima, parkovima, arenama i na drugim javnim mestima. Uprkos pokušajima da se reguliše, zagađenje bukom je postalo nesrećna činjenica života širom sveta. Na način koji je analogan pasivnom pušenju, buka je neželjeni zagađivač u vazduhu koji proizvode drugi, i nameće nam se bez našeg

pristanka, često protiv naše volje i, ponekad, na mestima i u obimu nad kojima nemamo kontrolu (Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., Karoń, G., 2017).

Pošto su njihovi točkovi zveckali po pločnicima, kočije su u starom Rimu bile zabranjene noću na ulicama kako bi se sprečila buka koja je ometala san i izazivala nerviranje građana. Vekovima kasnije, neki gradovi u srednjovekovnoj Evropi su ili zabranjivali noćne zaprege i konje na ulicama ili su kamene ulice pokrivali slamom da bi se smanjila buka i obezbedio miran san za stanovnike. U kasnijem periodu u Filadelfiji, tvorci američke nezavisnosti pokrivali su obližnje kaldrmisane ulice zemljom kako bi sprečili prekide u svom važnom radu izazvane bukom. Ovi primeri ističu dva glavna efekta buke od kojih populacije svih uzrasta traže olakšanje: prekid sna i ometanje posla koji zahteva koncentraciju. Zanimljivo je da se buka koja se emituje sa različitih tipova saobraćajnica danas, smatra i dalje među najvažnijim izvorima buke u životnoj sredini, iako vrste buke nisu one koje su postojale u Rimu, srednjovekovnoj Evropi ili Filadelfiji iz 18. veka. Naši savremeni putevi (uključujući drumske, železničke i vazdušne) i proizvodi moderne tehnologije, proizvode sve veće nivoe neželjene buke različitih vrsta i intenziteta tokom dana i noći koja remeti san, koncentraciju i druge funkcije. Buka utiče na nas a da toga nismo svesni. Za razliku od naših očiju, koje možemo zatvoriti da bismo isključili neželjeni vizuelni unos, ne možemo dobrovoljno zatvoriti uši da isključimo neželjeni zvučni unos. Naši slušni mehanizmi su uvek „uključeni“ čak i kada spavamo (Arévalo, C., Amaya-Espinel, J.D., Henríquez, C., Ibarra, J.T., Bonacic, C., 2022).

Problemi buke iz prošlosti blede po značaju u poređenju sa onima koje doživljavaju savremeni stanovnici grada. Zagađenje bukom nastavlja da raste po obimu, učestalosti i ozbiljnosti kao rezultat rasta stanovništva, urbanizacije i tehnološkog razvoja. Na primer, u okviru zajedničkog evropskog tržišta, 65% stanovništva je izloženo nezdravom nivou saobraćajne buke. U Njujorku, maksimalni izmereni nivoi buke su 106 decibela (dB) na platformama metroa i 112 dB u vagonima metroa. Ovi nivoi imaju potencijal da prekorače preporučene granice izloženosti s obzirom na dovoljno trajanje izlaganja (Fuks, K., Moebus, S., Hertel, S., 2011). Godine 1991. procenjeno je da je buka u životnoj sredini porasla za 10% tokom 1980-ih. Popis stanovništva SAD iz 2000. godine je otkrio da se 30% Amerikanaca žalilo na buku, a 11% smatra da im je buka smetala. Među onima koji su se žalili, buka je bila dovoljno uznemirujuća da skoro 40% poželi da promeni mesto stanovanja. Neupitno je da zagađenje bukom nastavlja da raste po obimu,

raznolikosti i veličini. Ostaje nepoznat samo obim rasta (Dakhia, K., Berezowska Azzag, E., 2010).

Kontrola buke u životnoj sredini je složen proces koji se suočava sa izazovima, a nedovoljno znanje o njenim efektima na ljude i odnosima između izloženosti i reakcije dodatno otežava ovaj proces. Poslednjih godina se sprovodi sve više istraživanja u ovoj oblasti, što pruža bolji uvid u efekte buke na zdravlje ljudi i pomaže u razumevanju odnosa između izloženosti buci i njihovih reakcija. Međutim, jasno je da je zagađenje bukom široko rasprostranjeno i ima dugoročne posledice po zdravlje. Radna grupa Svetske zdravstvene organizacije (SZO) je 1971. godine zaključila da buka predstavlja veliku pretnju ljudskom blagostanju. Ta procena se nije promenila u proteklih 30 i više godina, šta više, pretnja se pojačala (Kremer, P., Hamstead, Z.A., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabisch, N., Larondelle, N., Rall, E.L., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez Baggethun, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J., 2016).

Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji (SZO), zagađenje bukom je jedna od najopasnijih ekoloških pretnji po zdravlje. Buka koja se javlja u gradovima postala je ozbiljan izazov za zdravlje i dobrobit ljudi. Vozači koji trube, buka iz industrijskih postrojenja, građevinskih radova, vazdušnog saobraćaja i drugih izvora čine gradove epicentrima buke. Toliko da Evropska agencija za životnu sredinu procenjuje da je buka odgovorna za 72.000 bolničkih prijema i 16.600 prevremenih smrti svake godine samo u Evropi. Ne samo da šteti ljudima, već je loša i za životinje. Prema Službi nacionalnih parkova (NPS - National Park Service) u SAD, zagađenje bukom ima ogroman uticaj na životnu sredinu i nanosi ozbiljnu štetu divljim životinjama. Zagađenje bukom može imati negativne efekte na životnu sredinu i biodiverzitet. Prekomerna buka može ometati komunikaciju i ponašanje životinja, što može uticati na njihove cikluse razmnožavanja, uzgoja i migracija. Neka istraživanja su pokazala da buka može dovesti do smanjenja broja i raznolikosti vrsta u određenim područjima.²²

Svetska zdravstvena organizacija (SZO) definiše buku iznad 65 decibela (dB) kao zagađenje bukom. Tačnije, buka postaje štetna kada pređe 75 dB i bolna je iznad 120 dB.

²² Svetski biodiverzitet je alarmantno opao za pola veka: više od 25.000 vrsta, skoro trećina poznatih, nalazi se u opasnosti da nestane (izvor: <https://www.worldwildlife.org/stories/what-is-the-sixth-mass-extinction-and-what-can-we-do-about-it>).

Preporučuje se da nivo buke bude ispod 65 dB tokom dana kako bi se očuvala zdrava životna sredina. Visoki nivoi buke mogu imati negativne efekte na zdravlje ljudi, uključujući stres, poremećaj sna, oštećenje sluha i povećani rizik od kardiovaskularnih oboljenja. Kada je u pitanju san, preporučuje se da nivo buke bude ispod 30 dB tokom noći kako bi se osigurao miran san. Izlaganje buci tokom spavanja može ometati normalan ciklus sna, uzrokovati buđenje ili površinski san, te negativno uticati na kvalitet i obnovu tela i uma (WB, 2021).

2.3.2 Izvori zagađenja bukom

Postoji mnogo izvora zagađenja bukom u urbanim sredinama. Saobraćajna buka često je glavni izvor buke u gradovima. Automobili, autobusi i motocikli mogu stvarati visoke nivoe buke, posebno kada se koriste sirene ili kada je vozilo u lošem stanju. Letelice, iako su manje prisutne u gradskim područjima u odnosu na automobile, mogu proizvesti veoma visoke nivoe buke. Avioni tokom poletanja ili sletanja, kao i prilikom preletanja iznad urbanih područja, mogu proizvesti značajnu buku, koja može biti štetna za ljude u blizini. Izgradnja zgrada, parkirališta i radovi na putevima takođe mogu biti izvor visoke buke. Korišćenje alata poput pneumatskih bušilica može proizvesti visoke nivoe buke koja može biti ometajuća za okolne stanovnike. Barovi, restorani i terase takođe mogu stvarati visoku buku, posebno tokom gužvi ili kada se koristi glasna muzika. Ovakva buka može biti neprijatna za ljude koji žive ili rade u blizini. Što se tiče životinjske buke, kućni ljubimci poput pasa mogu proizvesti određeni nivo buke svojim lajanjem ili zavijanjem. Nivo buke koji životinje proizvode može varirati, ali u opštem slučaju se smatra da je rasponi buke 60-80 dB (Muggah,R., Goodman,M., 2019).

2.3.3 Posledice zagađenja bukom

Osim što oštećuje naš sluh izazivanjem — tinitusa ili gluvoće — stalna glasna buka može na mnogo načina oštetiti ljudsko zdravlje, posebno kod veoma mladih i veoma starih lica. U fizičkom smislu, javljaju se respiratorna agitacija, ubrzani puls, visok krvni pritisak, glavobolje i, u slučaju izuzetno glasne, stalne buke, gastritis, kolitis, pa čak i srčani udar. Psihološki efekti pokazuju da buka može izazvati napade stresa, umora, depresije, anksioznosti i histerije i kod ljudi i kod životinja.

Visoki nivoi buke mogu imati negativan uticaj na spavanje i ponašanje ljudi. Izlaganje buci tokom noći može ometati normalan ciklus spavanja i dovesti do

poremećaja spavanja. Prema preporukama Svetske zdravstvene organizacije (SZO), nivo buke tokom noći ne bi trebalo da prelazi 30 decibela (dB) kako bi se osigurao miran san. Kada smo izloženi buci iznad 45 dB tokom noći, to može ometati proces uspavljanja ili nas buditi tokom noći. Čak i kada ne dolazi do potpunog buđenja, visoki nivoi buke mogu uticati na kvalitet sna, čineći ga površinskim ili prekidajući faze dubokog sna. To može rezultirati nedovoljnim odmorom i umorom tokom dana. Osim uticaja na san, glasna buka takođe može imati skrivene efekte na naše ponašanje. Izloženost konstantnoj buci može dovesti do povećane razdražljivosti, nervoze i stresa. Ove negativne emocionalne reakcije mogu uticati na naše ponašanje, uključujući povećanu agresivnost i smanjenu sposobnost koncentracije. Takođe, dugotrajno izlaganje buci može imati i negativne efekte na mentalno zdravlje, kao što su anksioznost i depresija (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

Buka može imati negativan uticaj na sposobnost fokusiranja i koncentracije. Kada smo izloženi kontinuiranoj buci, posebno ako je glasna ili ometajuća, teško je zadržati pažnju i usredsrediti se na zadatke. To može dovesti do smanjenja performansi tokom vremena, jer smo ometeni u izvršavanju zadataka koji zahtevaju pažnju i koncentraciju, kao što su učenje, rad na projektima ili obavljanje poslovnih aktivnosti. Buka takođe može imati negativan uticaj na pamćenje i učenje. Istraživanja su pokazala da izlaganje buci može ometati procese pamćenja i konsolidacije informacija u mozgu. To može otežati usvajanje novih znanja i sprečiti efikasno pamćenje onoga što smo već naučili. Što se tiče odmora ušiju, izlaganje visokim nivoima buke može izazvati privremeni gubitak sluha ili oštećenje sluha koje se može oporaviti tokom vremena. Da bi se uši oporavile od izlaganja buci, potreban im je odgovarajući period odmora. Navodno je potrebno više od 16 sati odmora čula sluha da bi se nadoknadila dva sata izlaganja buci od 100 dB. Međutim, tačno vreme oporavka može varirati zavisno od individualnih faktora i intenziteta izloženosti buci (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

2.3.4 Istorija zagađenja vazduhom

Zagađenje vazduha šteti ljudskom zdravlju i životnoj sredini. Iako su se emisije mnogih zagađivača vazduha značajno smanjile tokom proteklih decenija u EU, koncentracije zagađivača vazduha su i dalje previsoke. Prekoračenje standarda kvaliteta vazduha je problem u mnogim gradovima pošto ozon, azot dioksid i zagađenje česticama (PM) predstavljaju ozbiljne zdravstvene rizike (Mihajlović, P., Stošić, Lj., 2016).

Može se razlikovati nekoliko aspekata perturbacije atmosferskog okruženja. Sa jedne strane, neke pojave su globalne prirode, zbog dugog životnog veka (nekoliko godina ili decenija) uključenih hemijskih vrsta. Ovo je posebno slučaj klimatskih promena usled efekata gasova staklene bašte, te uništenje stratosferskog ozonskog omotača (Kellogg, S.T. , 2021).

Sa druge strane, neki fenomeni se uglavnom odnose na niže atmosfere i njihovi uticaji se dešavaju na površini Zemlje. Te pojave ovde svrstavamo pod opšti termin zagađenja vazduha. Zagađenje vazduha može da se javi u prostornim razmerama koje su lokalne, regionalne ili globalne i za vremenske periode koji mogu biti kratki (reda jednog sata) ili dugi (reda godine). Neki zagađivači vazduha se emituju direktno u atmosferu, dok se drugi formiraju u atmosferi hemijskim procesima (hemijske ili fotohemijske reakcije) i/ili fizičkim procesima (pretvaranje gasa u čestice). Stoga se razlikuju primarni zagađivači vazduha, koji se emituju direktno u atmosferu, te sekundarni zagađivači vazduha, koji nastaju u atmosferi od drugih hemijskih vrsta, koji se nazivaju prekursori. Ako svi prekursori sekundarnih zagađivača vazduha nisu nužno direktno štetni po zdravlje ljudi ili životnu sredinu, oni se ipak smatraju zagađivačima, jer doprinose zagađenju vazduha (Adler,F., Tanner,C., 2013).

Istorijski gledano, zagađenje vazduha je počelo otkrivanjem požara i izloženosti ljudi hemijskim vrstama proizvedenim tokom sagorevanja biomase (sagorevanje drveta i vegetacije) na slabo provetrenim lokacijama gde bi koncentracije mogle da dostignu nivoe koji su štetni po ljudsko zdravlje. Tokom 19. veka, industrijska revolucija je dovela do emisije značajnih količina zagađivača vazduha sagorevanjem raznih fosilnih goriva (uglja, nafte i gasa). Konkretno, zagađenje vazduha u Londonu tokom 19. i 20. veka postalo je posebno problematično. Najznačajnija, dokumentovana epizoda zagađenja vazduha u Londonu dogodila se tokom zime 1952. godine. Dim od sagorevanja pomešao se sa londonskom maglom da bi postao „smog“. Stagnirajuća atmosfera tokom događaja iz 1952. godine, koja je sadržavala visoke koncentracije sumpor dioksida (SO₂), azotnih oksida (NO_x) i atmosferskih čestica (uključujući sulfat), doprinela je smrti nekoliko hiljada ljudi (Yao, L., Li, X., Zheng, R., & Zhang, Y. , 2022).

Tokom 1950-ih u basenu Los Anđelesa u Kaliforniji pojavila se nova vrsta zagađenja vazduha. Upotreba gabaritnih automobila za vožnju po području koje karakteriše široko rasprostranjeno urbano planiranje, u kombinaciji sa industrijama

(elektrane, rafinerije, lučke aktivnosti, itd.) koje se nalaze na obali Pacifika, dovela je do stvaranja sekundarnih zagađivača kao što su ozon, oksigenirana organska jedinjenja (npr. akrolein) i fine čestice. Ova vrsta zagađenja vazduha nastala je kao posledica atmosferskih hemijskih reakcija. Sunčevo zračenje u ultraljubičastom i vidljivom opsegu ima dovoljno energije da razbije veze nekih molekula. Ovaj proces, nazvan fotoliza, stvara hemijske vrste koje su veoma reaktivne i mogu pokrenuti niz hemijskih reakcija koje dovode do formiranja zagađivača pomenutih ranije. Stoga je ovaj oblik zagađenja vazduha nazvan fotohemijski smog, jer je sunčeva svetlost bila potrebna da se pokrene fotohemija (hemijske reakcije koje uključuju fotolizu molekula) ove vrste zagađenja vazduha (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F., 2021).

Godine 1962. Rejčel Karson je objavila „Tiho proleće“, knjigu koja je upozorila čitaoce na štetne efekte pesticida, kao što je dihlorodifeniltrikloreten (DDT), na ptice. Usledila su naučna istraživanja koja su potvrdila štetnost hlorisanih organskih jedinjenja ne samo na faunu ptica, već i na druge životinje i vodene ekosisteme. Štaviše, pokazalo se da njihova bioakumulacija u lancu ishrane dovodi do potencijalno štetnih efekata (uključujući i kancerogene) na ljude. Od tada se ova organska jedinjenja grupišu pod pojmom trajni organski zagađivači (POP - Persistent Organic Pollutants), jer je njihov životni vek u životnoj sredini veoma dug (reda nekoliko godina) (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A., 2022).

Tokom 1970-ih, uništavanje šuma u Evropi i Severnoj Americi sugerisalo je prisustvo druge vrste zagađenja. Atmosfersko taloženje kiselih vrsta, kao što su sumporna kiselina (H_2SO_4) i azotna kiselina (HNO_3), značajno je modifikovalo hemijsku ravnotežu zemljišta i površinskih voda. Kao rezultat toga, hranljive materije su mobilisane i isprane, dok su neki toksični metali postali dostupni korenu, kao i kopnenoj i vodenoj flori i fauni. Ova vrsta zagađenja nazvana je „kisela kiša“, jer je opterećenje tim kiselim vrstama u velikoj meri povezano sa kišnim događajima (Tivy, J., 2016).

Tokom 1950-ih, kontaminacija ribe živom identifikovana je u Minamati, ribarskom selu na ostrvu Kjušu u Japanu, kao mogući izvor neuroloških bolesti koje pogađaju lokalno stanovništvo koje je konzumiralo velike količine ribe (Cheah, L., Evans, C., Bandivadekar, A., Heywood, J., 2008).

Tokom 1990-ih, atmosferska živa je identifikovana kao glavni izvor kontaminacije vodene faune, jer se bakterijama može transformisati u organsku živu nakon ulaska u

ekosistem. Zatim, organska živa se bioakumulira u vodenom lancu ishrane do viših trofičkih nivoa, gde njene koncentracije mogu postati štetne za ljude koji konzumiraju ribu (Degraeuwe, B., Pisoni, E., Peduzzi, E., DeMeij, A., Monforti-Ferrario, F., Bodis, K., Mascherpa, A., Astorga-Llorens, M., Thunis, P., Vignati, E., 2019).

Neki zagađivači, kao što je ozon, ne samo da imaju štetne efekte na zdravlje, već mogu uticati i na vegetaciju, što dovodi do značajnog ekonomskog gubitka za poljoprivredu. Dalje, postoje negativni estetski uticaji zagađenja vazduha. Na primer, zgrade i statue mogu biti oštećene kiselim vrstama i zaprljane česticama čađi (Hua, L., Shao, G., Zhao, J., 2017).

Ovaj kratak istorijski sažetak naglašava činjenicu da pojam zagađenja vazduha uključuje veliki broj zagađivača i štetnih efekata na zdravlje i životnu sredinu. Štaviše, zagađenje vazduha se javlja u različitim prostornim i vremenskim razmerama.

2.3.5 Efekti urbanih toplotnih ostrva

Širom Evrope, gradovi se suočavaju sa sve većim pritiskom zbog efekta urbanog toplotnog ostrva, i izazovima u vezi sa prilagođavanjem na klimatske promene. Uz brzu urbanizaciju, otpornost zgrada u gusto naseljenim urbanim sredinama postaje ključna (Friess, D.A., 2017).

2.3.6 Invazivne vrste

Invazivne vrste mogu imati štetne efekte na biodiverzitet i ekosisteme, takođe i na zdravlje ljudi. Evropski gradovi su posebno ranjivi na pretnju koju predstavljaju invazivne vrste. Urbana sredina u mnogim slučajevima udomljava važan deo ukupnog biodiverziteta, i kao rezultat toga invazivne vrste predstavljaju ozbiljnu pretnju za autohtone divlje životinje u urbanizovanim područjima (Alvey, A. Alexis, 2006).

3. TIPOVI ZAGAĐENJA URBANIH EKOSISTEMA

Nelegalna gradnja, urbano širenje i beskonačan broj stambenih objekata posleratnog procvata doprineli su arhitekturi entropije.²³ Iako urbano zagađenje može doći iz prirodnih izvora, najštetnije su one emisije koje se odnose na ljudske aktivnosti. Antropogeni izvori zagađenja, kao što su fabrike, industrije, transport, obično su pojačani u gradovima zbog lokalne koncentracije ljudi i ljudskih aktivnosti. Na primer, na zagađenje u gradovima utiču globalne ekološke pojave, kao što je globalno zagrevanje i lokalno nastali ekološki izazovi, kao što su upravljanje otpadom, reciklaža i stvaranje svetlosti i buke.

Najnovije procene koje je sproveo Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP - United Nations Environment Programme) 2021. godine, otkrile su razmere ekoloških problema. Zagađenje utiče na vazduh, vodu, zemljište, okeane, pa čak i na klimu, utičući na njihov kvalitet i uznemiravajući ljude i remeteći uslove životne sredine. Gradovi su glavni faktori koji doprinose problemima zagađenja, jer postoji direktna veza između gustine naseljenosti i nivoa zagađenja. Prema procenama Ujedinjenih nacija (UN - United Nations), do 2050. godine, više od dve trećine svetske populacije će živeti u gradovima. Posledice ovog povećanja uključuju dramatičnu transformaciju fizičkog urbanog prostora i njegovih susednih oblasti (Wu, L., Ci, Y., Wang, Y., Chen, P., 2020).

Zanimljivo je da gradovi predstavljaju i izazov i priliku za probleme životne sredine: izazov, jer su gradovi glavni fokus zagađenja. Na primer, gradovi troše 75% svetske energije i odgovorni su za više od 80% svetskih emisija gasova staklene bašte. Međutim, sve veća koncentracija svetske populacije u gradovima takođe predstavlja priliku, jer oni mogu ponuditi održiv način života, zato što njihova gustina omogućava efikasnost zbog obima ekonomije (Babí Almenar, J., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Navarrete Gutiérrez, T., Sonnemann, G.W., Geneletti, D., 2021).

3.1 Industrijsko zagađenje

Na osnovu poslednjeg izveštaja Evropske agencije za životnu sredinu (EEA - European Environment Agency), industrijsko zagađenje vazduha košta zemlje EU 400 milijardi EUR godišnje, a polovina ove sume dolazi od 211 najvećih industrijskih

²³ Robert Smithson je bio američki umetnik poznat po skulpturi i land artu koji je često koristio crtež i fotografiju u odnosu na prostornu umetnost. Njegovi radovi su međunarodno izlagani u galerijama i muzejima i čuvaju se u javnim zbirkama. Bio je jedan od osnivača land art pokreta čije je najpoznatije delo Spiral Jetty (1970).

kompanija. Prema analizi Evropske agencije za životnu sredinu koja je obuhvatila period od 2008. do 2017. godine, utvrđeno je da je šteta po zdravlje i životnu sredinu izazvana industrijskim zagađenjem vazduha u 2017. godini iznosila između 277 i 433 milijarde EUR. Ova šteta predstavlja iznos koji se kreće između 2% i 3% ukupnog godišnjeg bruto domaćeg proizvoda (BDP) Evropske unije i premašuje nacionalni proizvod nekih država članica u istoj godini. Međutim, od ukupno 11.650 industrijskih kompanija koje su prijavile emisije zagađivača vazduha i gasova staklene bašte u 2017. godini i koje je analizirala EEA, samo je 211 najvećih industrijskih kompanija izazvalo više od 50% svih šteta (EEA, 2021).

Sa dolaskom industrijske revolucije, ljudi su mogli da dalje napreduju u 21.veku. Tehnologija se brzo razvijala, nauka je postala naprednija, a doba proizvodnje je uznapredovalo. Uz sve ovo, dolazi još jedan efekat - industrijsko zagađenje. Ranije su industrije bile male fabrike koje su proizvodile dim kao primarni zagađivač (Beara, G., 1989). Međutim, pošto je broj fabrika bio ograničen i radilo se samo određeni broj sati dnevno, nivoi zagađenja nisu značajno rasli. Ali, kada su ove fabrike postale industrije i proizvodne jedinice, pitanje industrijskog zagađenja je počelo da dobija na značaju (Jang, C.-L., Hsiao, L.H.C. and Yeh, S.-P. , 2018).

3.1.1 Pojam industrijskog zagađenja

Industrijsko zagađenje je posledica koju izazivaju aktivnosti različitih vrsta industrija. Zajedno sa industrijskom revolucijom, razvijeno je više fabrika i tehnologija, što je izazvalo povećano zagađenje vazduha, zemlje i vode na našoj planeti. Ova vrsta zagađenja je jedna od najgorih, jer dim koji industrija emituje u vazduh znatno doprinosi uništavanju ozona, zdravstvenim problemima životinja i ljudi i globalnom zagrevanju (Djebabra, M., Bentarcia, T., Saadi, S., Bahmed, L. , 2006).

Štaviše, otpad iz ovih industrija se baca na kopno i u vodu, što uzrokuje brojne zdravstvene probleme i životinjama i biljkama. Ovi industrijski zagađivači ispuštaju mnogo štetnih i neprirodnih hemikalija u zemljište i vodu, što na kraju dovodi do izumiranja nekih biljnih i životinjskih vrsta. Zloupotrebljavamo zemlju jer je smatramo robom koja nam pripada. Kada vidimo zemlju kao zajednicu kojoj pripadamo, možemo početi da je koristimo s ljubavlju i poštovanjem (Alizadeh, B., Hitchmough, J. , 2019).

Svaki oblik zagađenja koji svoj neposredni izvor može pratiti od industrijskih aktivnosti poznat je kao industrijsko zagađenje. Većina zagađenja na planeti može se

pratiti do neke vrste industrije. U stvari, pitanje industrijskog zagađenja je dobilo veliki značaj za agencije koje pokušavaju da se bore protiv degradacije životne sredine. Zemlje koje se suočavaju sa naglim i brzim rastom takvih industrija smatraju da je to ozbiljan problem koji se mora odmah staviti pod kontrolu (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. , 2021).

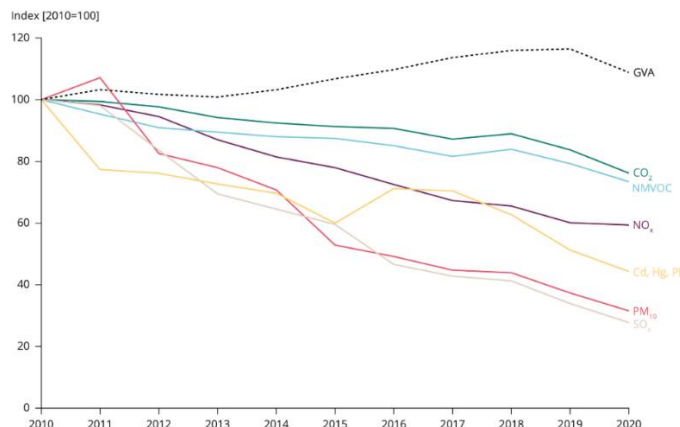
3.1.2 Industrijsko zagađenje u EU

Industrijsko zagađenje poprima mnoge oblike. Kontaminira izvore vode za piće, ispušta neželjene toksine u vazduh i smanjuje kvalitet zemljišta širom sveta. Velike ekološke katastrofe izazvane su industrijskim nesrećama, koje tek treba da budu stavljene pod kontrolu. Industrijsko zagađenje izaziva pustoš na Zemlji. Svaka nacija je pogođena, ali postoje snage koje neumorno rade na povećanju svesti i zalaganju za promene. Aktivnosti koje izazivaju zagađenje uključuju (Lesueur Jannoyer,M., Cattan,P., Woignier,T., Clostre,F., 201):

- Ugalj koji gori,
- Sagorevanje fosilnih goriva poput nafte, prirodnog gasa,
- Hemijski rastvarači koji se koriste u industriji bojenja i štavljenja,
- Neobrađeni gasovi i tečni otpad se ispuštaju u životnu sredinu,
- Nepravilno odlaganje radioaktivnog materijala.

Industrijska ispuštanja zagađivača vazduha koji štete ljudskom zdravlju i životnoj sredini smanjila su se između 2010. i 2020. godine u Evropi. Emisije gasova staklene bašte (npr. ugljen dioksid CO₂ i oksidi sumpora SO_x), drugih zagađivača (npr. oksidi azota NO_x), čestica (PM₁₀) i teških metala su značajno smanjene. Međutim, vrednost koju je industrija stvorila za evropsku ekonomiju tokom ovog perioda porasla je do 2019. godine, u skladu sa ciljem industrijske strategije EU da podrži konkurentnost evropske industrije i proizvodnju, uz istovremeno smanjenje emisija i korišćenja prirodnih resursa (IEEP, 2023).

Tabela 4. Industrijska ispuštanja zagađujućih materija u vazduh i ekonomske aktivnosti u EU-27 (EEA, 2021)



Evropska industrija prouzrokuje ispuštanja zagađivača u vazduh. To uključuje gasove staklene bašte, kao što su CO₂ i zagađivače koji zakiseljavaju (npr. oksidi sumpora SO_x) i druge zagađivače koji štete ljudskom zdravlju i životnoj sredini, kao što su oksidi azota (NO_x), čestice (u ovom slučaju PM₁₀), ne-metan isparljiva organska jedinjenja (NMVOC) i teške metale uključujući kadmijum (Cd), olovo (Pb) i živu (Hg) (Anderson, B., 2018).

Da bi se smanjile emisije zagađivača, korišćenje prirodnih resursa i stvaranje otpada, industrijska politika EU ima za cilj da pokrene tranziciju ka snažnoj, niskougleničnoj industriji zasnovanoj na kružnim tokovima materijala. Praćenje ispuštanja zagađivača vazduha je ključno za praćenje napretka ka postizanju ovog cilja (Srivastava, N., Prashar, S., Surjan, A., Shaw, R., 2012).

Između 2010. i 2020. godine, industrijsko oslobađanje SO_x i PM₁₀ smanjeno je za oko 70% u EU. Ostale emisije su smanjene u manjoj meri: teški metali (Cd, Hg i Pb) za 56%, NO_x za 41%, NMVOC za 27% i CO₂ za 24%. Međutim, podaci za poslednje godine još uvek se obezbeđuju i koriguju od strane zemalja koje su izveštavale i stoga mogu neznatno da variraju. Tokom istog perioda, vrednost koju je industrija stvorila za privredu — merena bruto dodatnom vrednošću (BDV) — porasla je do 2019. godine, što ukazuje da je evropska industrija postala manje intenzivna emisija, jer je odnos ispuštanja zagađivača u vazduh i proizvodnje industrijskih dobara opao. Pandemija COVID-19 imala je različite uticaje na BDV i emisije u vazduh: dok se BDV smanjio za 7% između 2019. i 2020. godine, emisije nekih zagađivača (SO_x, PM₁₀ i teških metala) su se smanjivale svake godine više (iznad 10%) u poređenju sa drugima (emisije azotnih oksida

su bile skoro stabilne između 2019. i 2020. godine) (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F., 2021).

Smanjenje emisija industrijskih zagađujućih materija u vazduh može se delimično pripisati evropskim propisima, kao što su EU sistem trgovanja emisijama i Direktiva o industrijskim emisijama, poboljšanju energetske efikasnosti i tehnologijama za smanjenje emisija, kao i premeštanju različitih visokozagađujućih i energetski intenzivnih proizvoda industrije (kao što je proizvodnja tekstila ili metala) van Evrope.

Od 2010. godine, dok su se oporavljali od uticaja ekonomske krize 2008-2009. godine, nivoi emisija iz industrijskog sektora su se stalno smanjivali za većinu zagađivača. Industrijske emisije su veoma složene u smislu supstanci koje treba razmotriti, njihovog uticaja na životnu sredinu i zdravlje i veoma različite stvarnosti u evropskim zemljama.

Neki obrasci se mogu identifikovati. Sa jedne strane, emisije zagađujućih materija koje su povezane prvenstveno sa aktivnostima koje uključuju procese sagorevanja (npr. proizvođači električne energije, železare i čeličane, cementare), generalno se smanjuju. Ovo se odnosi na emisije NO_x, SO_x i PM₁₀. Ovaj trend je u skladu sa poboljšanjem ekoloških performansi ovih industrija. Dokazi ukazuju na to da je politika EU jedan od ključnih pokretača ovih pozitivnih pomaka, budući da je do značajnog smanjenja emisija (preko 50% od 2010. godine) došlo u skoro svim zemljama koje su nedavno pristupile EU (Bouregaa, T., 2022).

Slično tome, emisije gasova staklene bašte, posebno CO₂, sveukupno se smanjuju, iako neke zemlje pokazuju različite rezultate. Istovremeno posmatrano, emisije NMVOC pokazuju nejasnu rezultatsku sliku.

Teški metali (Cd, Hg, Pb) se emituju u relativno manjim količinama i imaju prirodno promenljiv trend tokom vremena. Postoji nekoliko razloga za ovo, neki se odnose na mehanizam izveštavanja (koji uključuje procene i funkcioniše sa minimalnim pragovima), a drugi se odnose na stvarna dešavanja u toj industriji (EC, 2020).

3.1.2.1 Zagađenje vazduha

Urbani vazduh je stalno zagađen prirodnim izvorima kao što su vulkani, šumski požari, oluje prašine i sprej morske soli ili iz izvora povezanih sa ljudskim aktivnostima kao što su elektrane, industrija, domaćinstva, transport, poljoprivreda i tretman otpada.

Zagađenje vazduha je pojačano u gradovima zbog stanovanja, gustine naseljenosti, industrijske akumulacije i saobraćaja (Pal, A.K., Sengupta, A., 2023).

Gradovi su često suočeni sa visokim nivoima zagađenja vazduha, a emisija iz motornih vozila igra značajnu ulogu u tom zagađenju. Procenjuje se da emisija iz vozila čini oko 50% ukupnog zagađenja vazduha u gradovima. Rastući broj automobila širom sveta stvara izazove u pogledu kvaliteta vazduha i uticaja na životnu sredinu. Svaki automobil, tokom godine, emituje oko 600 kg štetnih sastojaka u atmosferu. Ovi štetni sastojci uključuju azotne okside (NO_x), čestice (PM), ugljen-monoksid (CO) i druga zagađujuća jedinjenja. S obzirom na ovu situaciju, donošenje zakonskih propisa o ograničenju emisije štetnih sastojaka iz vozila postaje neophodno. Mnoge zemlje i regije već su uvele regulative koje postavljaju strože standarde za emisiju vozila i podstiču prelazak na čistije i održive alternative, poput električnih vozila. Ovi zakoni i propisi imaju za cilj smanjenje emisija iz vozila i poboljšanje kvaliteta vazduha u gradovima (GreenBlue, 2017).

Transportna sredstva godišnje potroše više od jedne milijarde tona nafte. Sagorevanje goriva u motornim vozilima i drugim transportnim sredstvima ima značajan uticaj na ekološki balans u atmosferi. Tokom sagorevanja jednog kilograma goriva, potroši se oko 15 kilograma vazduha ili 3,5 kilograma kiseonika. Ovo dovodi do smanjenja dostupnog kiseonika u atmosferi. Procenjuje se da se godišnje potroši oko 4 milijarde tona kiseonika samo za sagorevanje goriva u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleutério, A.A., MacGregor-Fors, I., Reyes-Paecke, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D., & Hernández, H.J., 2018).

Porastom broja motornih vozila uslovljen je kvalitet vazduha u urbanim sredinama. Korišćenjem dizela sa visokim procentom sumpora i benzina sa dodatkom olova dolazi do povećanja zagađenja vazduha. Kao uzroci problema identifikovani su: nedostatak racionalnog upravljanja saobraćajnim sistemima, loš kvalitet motornog goriva i neadekvatno održavanje i kontrola vozila koja učestvuju u saobraćaju (Chen, W.Y., 2017).

Automobilski izduvni gasovi se sastoje od širokog spektra zagađivača, od jednostavnih do kancerogenih supstanci kao što su: ugljovodonici (nesagoreli), oksidi azota, ugljen monoksid, oksidi olova, čestice itd. Kao produkti nepotpunog sagorevanja

izduvnih gasova javljaju se ugljovodonici i CO. Oksidi azota nastaju kao rezultat reakcije azota i kiseonika sadržanih u vazduhu za sagorevanje na visokoj temperaturi. Mnogi od ovih primarnih zagađivača reaguju jedni sa drugima i formiraju sekundarne zagađivače. Značajni među njima su HC, CO, NO_x, koji kada se pomešaju sa atmosferskom vodenom parom u prisustvu sunčeve svetlosti iz ozona i raznih složenih organskih gasova rezultiraju u čestice poznate kao fotohemijski smog (Wei, Y.-M., Liang, Q.-M., Wu, G., Liao, H. , 2019).

Glavni zagađivači koje emituju motorna vozila, uključujući CO, NO_x, SO_x, HC, olovo (Pb) i suspendovane čestice (SPM - Suspended Particulate Matters), imaju ozbiljan uticaj na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Izloženost zagađenom vazduhu može izazvati različite probleme sa zdravljem, uključujući respiratorne bolesti, kardiovaskularne probleme i štetne efekte na reproduktivno zdravlje i životnu sredinu. Uticaj zagađenja vazduha na zdravlje ljudi varira od manjih efekata do ozbiljnih bolesti, izazivajući čak i preranu smrt u određenim slučajevima. Smatra se da većina konvencionalnih zagađivača vazduha direktno deluje na respiratorni i kardiovaskularni sistem. Konkretno, visoki nivoi SO₂ i SPM su povezani sa povećanom smrtnošću i oštećenom plućnom funkcijom. Olovo sprečava sintezu hemoglobina u crvenim krvnim zrnima u koštanoj srži, izaziva neurološka oštećenja, oštećuje funkciju bubrega i jetre itd. (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. , 2020).

Što se tiče zagađivača vazduha, postoje dve velike grupe u zavisnosti od njihovog porekla. Primarni zagađivači su oni koji se direktno emituju u atmosferu (ugljen monoksid ili sumpor dioksid), a sekundarni zagađivači, kao što je ozon, nastaju usled hemijskih reakcija između drugih zagađivača i atmosferskih gasova. Važno je razlikovati vrste zagađujućih materija kada se rešavaju problemi zagađenja vazduha kako bi se odabrala ispravna mera koju treba primeniti, jer smanjenje neke od odgovornih emisija može implicirati povećanje njegovih koncentracija. Na primer, smanjenje emisije azotnih oksida može dovesti do povećanja lokalnih koncentracija ozona (Bhandarkar, S., 2013).

Svetska zdravstvena organizacija (SZO) je 2005. godine uspostavila Smernice za kvalitet vazduha kako bi utvrdila granice za ključne zagađivače vazduha koji predstavljaju rizik po zdravlje. Ova ograničenja su opredeljena da budu restriktivnija. Smernice su utvrdili stručnjaci na osnovu dokaza izvedenih iz trenutnih naučnih procena za čestice, ozon, azot dioksid i sumpor dioksid u svim regionima SZO (WHO, 2015).

Kao svojevrsna posledica intenzivne džentrifikacije urbanih sredina, javljaju se saobraćajna zagušenja koja su posledica brojnosti putničkih automobila i neadekvatne saobraćajne infrastrukture, koja nije planirana za toliko opterećenje. Sve veća učestalost i duže trajanje zagušenja u saobraćaju mogu u velikoj meri povećati emisije zagađujućih materija i pogoršati kvalitet vazduha, posebno u blizini velikih i važnih saobraćajnih čvorišta. Ove emisije doprinose zdravstveno-bezbednosnim rizicima za vozače, putnike i stanovništvo koje živi u blizini putnih pravaca, što pokazuju epidemiološke studije, zatim i procene predloženih emisionih standarda vozila i procene uticaja na životnu sredinu za određene putne projekte (Sbicca, J., 2019).

Potrebno je razdvojiti uticaje zagađivača povezanih sa saobraćajem u dve kategorije. Prvo, „efekti bez zagušenja“ odnose se na uticaje saobraćaja u količinama ispod nivoa koji stvara značajna saobraćajna zagušenja. U ovom slučaju, svako dodatno vozilo dodato na put ne menja suštinski obrasce saobraćaja. To ne utiče na brzinu i vreme putovanja drugih vozila, pa prema tome faktori emisije vozila ne zavise od obima saobraćaja. Kao rezultat, granični uticaj dodatnog vozila jednak je prosečnom uticaju svih vozila. Druga kategorija je oponentna prvoj. Iako postoji mnogo definicija, zagušenja saobraćaja se često definišu kao periodi kada obim saobraćaja premašuje putni kapacitet (Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., Panori, A., 2018).

3.1.2.2 Zagađenje otpadom

Količina otpada koja se odlaže smanjila se sa 1.027 miliona tona u 2004. godini na 806 miliona tona u 2020. godini. To predstavlja smanjenje od 21,3% tokom tog perioda. Ovi podaci ukazuju na pozitivan trend smanjenja ukupne količine otpada koja se odlaže. Takođe, udeo odlaganja otpada u ukupnom tretmanu otpada smanjen je sa 54,1% u 2004. godini na 40,9% u 2020. godini. Ovo ukazuje na to da se sve manji procenat otpada odlaže na deponije, dok se sve više otpada tretira na druge načine kao što su recikliranje, kompostiranje ili termička obrada.

Pored toga, program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu pokazuje jasnu i direktnu vezu između količine čvrstog otpada pojedinaca i nivoa prihoda u njihovim zemljama (UNEP, 2023).

U nekim zemljama (uglavnom onim sa polurazvijenim ili nerazvijenim ekonomijama), oprema i veštine za rukovanje različitim vrstama otpada su oskudne.

Shodno tome, uticaji na životnu sredinu i zdravstveni rizici su veći od onih u razvijenim zemljama. Takođe, takva situacija implicira gubitak vrednosti mnogih recikliranih materijala, pošto se njihova kasnija ponovna upotreba ne može optimizovati (Ayob, S.F., Sheau-Ting, L., Abdul Jalil, R., Chin, H.-C., 2017).

Postoje različite vrste otpada: prehrambeni otpad, komercijalni i industrijski otpad, građevinski otpad i otpad od rušenja, poljoprivredni otpad, otpad iz šumarstva, rudarski otpad i otpad iz kamenoloma. Prirodne katastrofe takođe doprinose stvaranju otpada (Clement, S. , 2021).

Otpad dobijen od hemikalija je sveobuhvatni zagađivač, jer efekat pokriva različite oblike zagađenja (npr. hemikalije mogu doprineti zagađenju vazduha, kao i zagađenju vode, a otpad može doprineti zagađenju zemljišta i vode). Stoga su implikacije otpada na životnu sredinu i zdravlje višestruke i isprepletene sa nekoliko drugih izvora zagađenja. (Dakhia, K., Berezowska Azzag, E., 2010)

U Evropi se otpad koji nastaje u proizvodnji i potrošnji smanjuje čak i dok se ekonomski rezultati povećavaju. Na primer, 4,8 tona otpada je generisano po stanovniku EU u 2020. godini, 39,2% otpada je reciklirano, a 32,2% deponovano u EU 2020. godine, iako je došlo do povećanja sektorske ekonomske proizvodnje od 7% (EEA, 2017).

3.1.2.3 Zagađenje zemljišta i tla

Zagađenje zemljišta i tla u urbanim sredinama može biti uzrokovano prirodnim izvorima (geochemija tla, geologija, alt, klizišta) ili antropogenim izvorima (poljoprivreda na zemlji, industrija, ekstrakti, otpad, otpadne vode, transport, proizvodnja energije). Zemljište i tlo su osnova svakog sistema prirodnog ili ljudskog porekla. U gradovima zemljište ima dve glavne uloge: podržava urbani razvoj i obuhvata parkove i bašte, koji igraju važnu ekološku ulogu u urbanim zajednicama (Klimas, E., Lideika, M. , 2018).

Poremećeni ciklusi vode, hranljivih materija i biološki ciklusi su glavni razlozi zašto zemljište koje se koristi za urbani razvoj ili transportnu infrastrukturu gubi većinu svojih funkcija. Procena kvaliteta zemljišta zavisi od njegove namene. Ova procena se vrši preko hemijskih, fizičkih i bioloških indikatora. Prema Izveštaju o životnoj sredini Evropske agencije za životnu sredinu iz 2020. godine, degradacija urbanog zemljišta se povećava zbog sledećih uzroka (EEA, 2017):

- Zaptivanje tla (trajno pokrivanje tla nepropusnim materijalom),
- Erozija zemljišta (koja ima uticaj na vodna tela kao što su slatke vode),

- Dezertifikacija (degradacija zemljišta u sušnim područjima),
- Zakiseljavanje zemljišta (uzrokovano taloženjem zagađivača vazduha koji zakiseljavaju),
- Pretnje po biodiverzitet zemljišta,
- Kontaminacija zemljišta.

Karakteristike tla imaju direktan uticaj na kvalitet vode i atmosfere, jer predstavljaju vezu između biosfere, atmosfere i hidrosfere. Karakteristike zemljišta posledično utiču na zdravlje ljudi.

3.1.2.4 Zagađenje vode/slatke vode, mora i obale

Većina vode na Zemlji nalazi se u okeanima i ledenim kapama (visoravanski glečeri). Ova činjenica otežava mogućnost njihove eksploatacije. Iz tog razloga, većinu ljudske potražnje za vodom zadovoljavaju resursi kišnice i podzemne vode, iako je ta količina veoma ograničena. Pored toga, u gradovima industrijalizacija i rast stanovništva povećavaju potrošnju vode i pogoršavaju njen kvalitet (Vural, H., Akbana, A., Meral, A. , 2021).

U urbanim sredinama, voda može biti prisutna i kao površinska i kao podzemna voda u zavisnosti od toga gde se nalazi. Prva se nalazi u jezerima, rezervoarima, barama, rekama i potocima, dok su podzemne vode prisutne u jedinicama poroznih stena. Zagađenje vode zavisi od vrste vode na koju utiče, pošto će različite vrste izloženosti zagađivačima definisati zagađenje koje je prouzrokovano (Friess, D.A. , 2017).

Fizički faktori, kao što su toplota ili zračenje, mogu podstaći stvaranje biozagađivača u vodi. Međutim, glavni izvori zagađenja vode su hemikalije koje ostaju rastvorene ili suspendovane u vodi i izazivaju reakcije životne sredine koje mogu rezultirati stvaranjem kontaminacije vode. Neki primeri mogućih uticaja hemikalija na ljudsko zdravlje su ćelijska mutageneza ili pojava bakterija otpornih na antibiotike. Ljudi i životna sredina su izloženi hemijskoj kontaminaciji ne samo kroz vodu već i kroz zagađenu hranu, zagađenu radnu sredinu, sprejeve, deterdžente, tekstil, kozmetiku, građevinske materijale i nameštaj (Li, H., Xia, Q., Wang, L., Ma, Y. , 2020).

Izvori zagađenja vode se dele u dve velike grupe: tačkaste i netačkaste izvore. Tačkasti izvori podrazumevaju lokalizovane izvore zagađivača koji se mogu identifikovati (rudnici, elektrane, fabrike itd.). Netačkasti izvori su oni koji se prostiru na velikom geografskom području (gradsko oticanje, vozila, itd.). Tačkasti izvori obuhvataju

sledeće: otpadne vode (opštinske i industrijske), oticanje i procedne vode sa odlagališta otpada, oticanje i infiltracija sa hranilišta za životinje, oticanje iz rudnika, naftnih polja, industrijskih lokacija bez kanalizacije, ispusti atmosferske kanalizacije iz gradova sa stanovništvom preko 100.000 stanovnika, izlivi kombinovane atmosferske i sanitarne kanalizacije i oticanje sa gradilišta površine preko 2 hektara (Mendes de Alencar Filho, F., Monteiro de Abreu, L. , 2007).

Netačkasti izvori obuhvataju sledeće: oticanje iz poljoprivrede (uključujući povratni tok iz navodnjavane poljoprivrede), oticanje sa pašnjaka i livada, gradsko oticanje iz neočišćenih područja i kanalizacionih područja sa populacijom preko 100.000 stanovnika, procedne vode iz septičkih jama i oticanje iz neispravnih septičkih sistema, oticanje sa gradilišta površine preko 2 hektara, oticanje iz napuštenih rudnika, atmosfersko taloženje preko vodene površine i aktivnosti na zemljištu koje stvaraju zagađivače, kao što su seča šuma, konverzija močvara, izgradnja i razvoj zemljišta ili vodenih puteva (Djebabra, M., Bentarcia, T., Saadi, S., Bahmed, L. , 2006).

Zagađivači vode potiču iz antropogenih izvora organskih hemikalija, morskog otpada i plastike u životnoj sredini, metala i metaloida, hranljivih materija, radionuklida, bakterijske kontaminacije i drugih patogena u vodi i toksina algi (CCV, 2021).

Svetska zdravstvena organizacija (SZO) je uspostavila smernice u vezi sa tipovima vode jer se potrebe za kvalitetom vode razlikuju u zavisnosti od vrste vode: voda za piće, ponovna upotreba otpadnih voda i voda za rekreaciju. Smernice za vodu za piće su strože od onih za ponovnu upotrebu otpadnih voda ili vode za rekreaciju (WHO, 2022).

3.1.3 Industrijsko zagađenje u Srbiji

Prema podacima Agencije za zaštitu životne sredine Republike Srbije (SEPA - Serbian Environmental Protection Agency), različiti izvori zagađenja vazduha imaju značajan uticaj u Srbiji. Pojedinačna mala postrojenja za sagorevanje, industrija i drumski saobraćaj su identifikovani kao najveći zagađivači vazduha u zemlji. Pojedinačna mala postrojenja za sagorevanje, poput individualnih kućnih ložišta ili malih peći na drva, čine najveći udeo u zagađenju vazduha, sa procenjenim udelom od 75%. Ova postrojenja često koriste neadekvatna goriva i tehnologiju, što rezultira visokim emisijama štetnih gasova i čestica. Industrija je takođe značajan izvor zagađenja vazduha, doprinoseći sa oko 30% emisija. Ovde se ubrajaju različiti industrijski sektori, kao što su energetika, hemijska industrija, metalurgija i ostali sektori koji koriste procese koji mogu generisati štetne

emisije. Drumski saobraćaj takođe ima značajan uticaj na zagađenje vazduha, mada u manjoj meri u odnosu na prethodna dva sektora. Procenjuje se da drumski saobraćaj doprinosi sa oko 6% ukupnih emisija zagađujućih materija u vazduh. Povećan broj vozila na putevima, starija vozna flota, loš kvalitet goriva i gužve u saobraćaju doprinose ovom zagađenju. Pored grejne sezone, drugi faktori koji doprinose zagađenju vazduha u Srbiji obuhvataju stare termoelektrane koje nisu renovirane, ilegalnu seču šuma i prekogranični krivolov, odlaganje industrijskog otpada i izgradnju malih hidroelektrana koje mogu ugroziti reke i malih hidrografskih basena (SEPA, 2023).

Zagađenje vazduha u Srbiji potiče iz različitih izvora, a oslanjanje Republike Srbije na elektrane na lignit i ugalj je jedan od dobro poznatih uzroka iz energetskog sektora, pored sagorevanja čvrstih goriva (npr. ugalj i drvo) za grejanje domova. Ovome se dodaju i emisije zagađenja iz stare transportne flote, industrijske aktivnosti, deponije otpada i poljoprivredne emisije koje daju značajan doprinos. Specifične industrijske lokacije za koje je dokumentovano da doprinose zagađivačima vazduha u Srbiji uključuju petrohemijski kompleks oko gradova Pančeva i Novog Sada, fabrike cementa u Popovcu, Kosjeriću i Beočinu, i metaloprerađivačka i hemijska postrojenja u okolini gradova Smedereva, Bora i Sevojna. Iz energetskog sektora, posebni izvori zagađenja su termoelektrane na ugalj i lignit u Obrenovcu, Lazarevcu i Kostolcu (EPA, 2023).

Prema izveštaju Agencije za zaštitu životne sredine Republike Srbije o praćenom kvalitetu vazduha u zemlji tokom 2021. godine, proizvodnja električne i toplotne energije u zemlji bila je odgovorna za 93% emisije SO₂. Zagađenje česticama je uglavnom bilo emitovano iz toplana kapaciteta manjeg od 50 megavata (MW) i domaćinstava, pri čemu su one doprinele 65% emisija PM₁₀ i 77% emisija PM_{2,5}. Alternativno, procenjeno je da najveći izvori emisije azotnih oksida (NO_x) dolaze iz termoelektrana, zajedno sa hemijskom i mineralnom industrijom.

Zavisnost Republike Srbije od energije lignita i uglja za proizvodnju električne energije jedan je od dobro poznatih uzroka zagađenja vazduha u zemlji. Kao veliki gorionici fosilnih goriva, elektrane na ugalj obezbeđuju jedan od izvora energije koji najviše zagađuju životnu sredinu, što značajno doprinosi i zagađenju vazduha prizemnog nivoa koje utiče na zdravlje ljudi, kao i emisiji ugljen dioksida i gasova staklene bašte koji ubrzavaju globalno zagrevanje i promenu klime. Republika Srbija se oslanja na elektrane na lignit za oko 70% svoje proizvodnje električne energije. Lignit je oblik uglja

lošeg kvaliteta, na pola puta između geološkog prelaza sa treseta na kameni ugalj, koji emituje približno duplo veću količinu emisije ugljen dioksida (CO₂) od one koje proizvodi prirodni gas za istu količinu proizvedene energije (EEA, 2021).

U pogledu zdravlja ljudi, elektrane na ugalj mogu emitovati niz štetnih zagađivača, uključujući čestice (PM), sumpor dioksid (SO₂) i okside azota (NO_x), pri čemu NO_x indirektno doprinosi stvaranju zagađenja ozonom. Od navedenih, zagađivači od najveće brige za zdravlje su PM i ozon. Studija Poreskog saveta Republike Srbije iz 2019. godine pokazala je da od termoelektrana u državnom vlasništvu Elektroprivrede Republike Srbije (EPS) u zemlji, nijedna nije ispunila sve nacionalne i evropske ekološke standarde za takva postrojenja. Štaviše, studija je pokazala da emisije sumpor dioksida (SO₂) svih EPS-ovih postrojenja u Srbiji premašuju ukupnu količinu SO₂ koju emituju sve fabrike lignita u EU zajedno, a istovremeno proizvode deset puta manje električne energije nego postrojenja u EU (Cvetković, A. S., Radojčić, V. , 2022).

3.2 Saobraćajno zagađenje

Saobraćajno zagađenje predstavlja predmet razrade na globalnom nivou. Saobraćajno zagađenje, uz industrijsko zagađenje, predstavlja remetilački faktor u urbanim sredinama koji stvara nepovoljne uslove za boravak ljudi u njima (Schwela, D., Zali, O. , 1999). Za problem saobraćaja i zagađenje koje dolazi iz saobraćaja, kao primer se može uzeti Beograd kao glavni grad i grad sa najviše stanovnika u Srbiji. U prvoj polovini 2020. godine, u nekoliko navrata, a prema relevantnim pokazateljima, Beograd je i u prošlosti bio suočen sa ozbiljnim problemom zagađenja vazduha i bio je jedan od gradova sa najnižim kvalitetom vazduha na svetu. Svi ti pokazatelji moraju alarmirati nadležne, naročito u našem glavnom gradu, da preduzmu adekvatne dugoročne mere kako bi se smanjilo saobraćajno zagađenje, pogotovo što prema nezvaničnim podacima dnevno u Beogradu obitava više od dva miliona ljudi (Pirić, S., Aleksopoulos, H., Ilić, V. , 2018).

U smislu obrade saobraćajnog zagađenja u gradskim sredinama, poseban akcenat se stavlja na pojmove (Sagheb, A., Esra'a, A., Ehsan, V., 2021):

- potrošnja energije u gradskom saobraćaju,
- izduvni gasovi u gradskim sredinama,
- buka kao komponenta saobraćajnog zagađenja.

3.3 Potrošnja energije u gradskom saobraćaju

Više od jednog veka, benzinski i dizel motori su bili dominantni u industriji zbog svoje efikasnosti i relativno niske cene. Oni su omogućili efikasnu konverziju hemijske energije goriva u mehanički rad, čineći ih popularnim izborom za različite primene, uključujući automobile, kamione, brodove i druge vozne mašine (Pešić,R.,Petković,S.,Veinović,S., 2008).

Sa oko 1,6 milijardi motornih vozila u upotrebi širom sveta, potrošnje 48 miliona barela (1 barrel = 158,9 l) nafte dnevno, velika potražnja za gorivom je neizbežna. Ova vozila koriste benzinske, dizel ili druge vrste goriva na bazi nafte kako bi se pokretala i obavljala transportne aktivnosti. Potrošnja goriva se definiše kao količina potrošenog goriva u jedinicama udaljenosti i izražena u litrima/100 km. Pokazalo se da niža vrednost potrošnje goriva za vozila dostiže velike razmere (Jacob,B., Cottineau,L.M., 2016). Višeoktanski benzin je hladniji i značajno oslobađa azot oksid (NO_x) na nižem nivou emisije (Cheah, L., Evans, C., Bandivadekar, A.Heywood, J., 2008). Prijavljeno je smanjenje potrošnje goriva i emisija iz motornih vozila sa 11,2 litara/100 kilometara u 2007. godini na 5,6 litara/100 kilometara u 2020. godini, dok je prosečna ponderisana potrošnja goriva u maloprodajnoj ekonomiji porasla na 38 kilometra po litru 2007. godine, sa trendom povećanja na 60 kilometara po litru do 2035. godine (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020). Međunarodna agencija za energetiku je precizirala da će potrošnja energije iz globalnog transporta povećati emisije gasova staklene bašte za približno 50% do 2030. godine i 80% do 2050. godine (EEA, 2021). Veća potrošnja goriva u motornim vozilima je uočena na urbanim signalizovanim raskrsnicama zbog čestih promena u usporavanju, ubrzanju i zaustavljanju režima vozila (Wu, L., Ci, Y., Wang, Y., Chen, P., 2020). Kada je u pitanju distribucija emisije ugljen dioksida koju proizvodi transportni sektor zemalja u svetu u 2020. godini, čak 41% se pripisuje podsektoru putničkih vozila (WB, 2021).

Potrošnja energije u gradskom saobraćaju je predmet istraživanja mnogobrojnih autora, koji se bave saobraćajem i održivim razvojem. Usled ključnih izazova, poput emisije ugljen dioksida i korišćenje neobnovljivih izvora energije (pogonska goriva) u saobraćaju, neophodno je bilo približno proceniti količinu energije neophodnu za nesmetano odvijanje saobraćaja u jednoj gradskoj sredini (Blagojević, I., Mitić, S. , 2017). „Mnogi faktori utiču na procenu potrošnje energije u saobraćaju u urbanim

sredinama. Geografski faktori, urbana forma, ekonomska aktivnost i troškovi saobraćaja imaju značajan uticaj (88%) na potrošnju energije u gradskom saobraćaju. Ovi faktori često su međusobno povezani i zajedno doprinose visokoj potrošnji energije u urbanim područjima“ (Vračarević, B. , 2019). Najznačajniju ulogu u determinisanju potrošnje energije u različitim istraživanjima, imali su:

- urbana forma,
- prostorno-fizička struktura,
- veličina grada (površina i stanovništvo),
- stepen razvoja grada,
- struktura saobraćajnih tokova.

3.4 Izduvni gasovi u gradskim sredinama

Sagorevanje je ključni proces u kome se hemijska energija iz goriva koje motor sagoreva pretvara u toplotu i mehanički rad. Oko 42% ukupne energije koja se koristi u procesu sagorevanja fosilnih goriva koristi se za kretanje vozila, dok se preostalih 58% rasipa (Božić,B., 2011). Emisije izduvnih gasova su mešavina različitih gasova i čestica koje emituju vozila kada motor radi. Ove emisije mogu da smanje kvalitet vazduha oko nas, posebno u velikim gradovima koji su zakrčeni automobilima. Rašireno je verovanje da je kombinacija izduvnih gasova i drugih čestica ispuštenih u atmosferu glavni faktor globalnog zagrevanja (Houston,D., Wu,J., Ong,P., Winer,A., 2004). Iako emisije uključuju bezopasne materije kao što su kiseonik, azot i voda, one mogu uključivati i opasnije zagađivače. Ugljen dioksid je onaj zagađivač za koji smo svi čuli, ali postoje i druge manje poznate supstance koje dolaze iz naših automobila i koje mogu biti štetne (Wang, T., Xie, S. , 2009).

Tabela 5. Dejstvo pojedinih zagađujućih materija na životnu sredinu (Marinković, D., Milanović, P., Popović, Z., Jelić, M., Nešić, G., 2011)

Zagađujuća materija	Izvor zagađenja	Uticaj			
		Stanovništvo	Vegetacija	Globalne promene	Materijali
CO	nepotpuno sagorevanje	utiče na srce, smanjuje izmenu kiseonika, na nervni sistem i cirkulaciju		indirektno utiče na stvaranje prizemnog ozona	
CO ₂	sagorevanjem			glavni gas iz grupe gasova staklene bašte	

HC	nepotpuno sagorevanje	pojedini ugljovodonici su kancerogeni, smanjuju ozonski omotač	ugrađuje se u zemljište, žitarice i dospeva u hranu	neki ugljovodonici su gasovi staklene bašte	
HCHO formaldehid	sagorevanjem goriva	pri dužem izlaganju dolazi do leukemije, iritira oči, utiče na respiratorni sistem			
NO_x	nepotpuno sagorevanje	iritira respiratorni sistem	kisele kiše, zakišljenje vode i tla	sa ugljovodonicima gas iz grupe gasova staklene bašte, pravi fotohemijski smog	erozija materijala
SO₂	sagorevanjem goriva	iritira respiratorni sistem	kisele kiše, zakišljenje vode i tla		erozija materijala
Pb	sagorevanjem benzina	neurološke i kardiovaskularne tegobe			prašina
PM	sagorevanjem goriva	iritira respiratorni sistem, pojedine čestice su kancerogene	smanjuju asimilaciju		prašina

Problem sa izduvnim gasovima je prepoznat na globalnom, ali i na nacionalnom naučnom nivou. Proučavanja se intenziviraju i stalno se traže alternative da se složeni problemi reše (Oiamo, T., Johnson, M., Tang, K., Luginaah, I., 2015).

Saobraćaj predstavlja delatnost koja najviše utiče na aero zagađenje. Saobraćaj u ukupnoj emisiji štetnih materija u atmosferu učestvuje sa sledećim brojkama (Ilievska-Kostadinović, M. , 2015):

- „90% svih emisija ugljen monoksida potiče od saobraćaja, prvenstveno od automobila, a u gradskim sredinama i 100%,
- 50% azotnih oksida potiče od saobraćaja, a u gradovima i 60%,
- 40% emisije ugljovodonika (u gradovima i 50% te emisije) potiče od saobraćaja,
- u proseku, 50% emisije olova potiče od saobraćaja, a u pojedinim gradskim zonama i 100%,
- 80% emisije benzola je iz motornih vozila na benzin,

- 15% emisije ugljen dioksida koju izaziva čovek poreklom je od saobraćaja,
- u gradovima se emituje dodatnih 10% sumpor dioksida i 50% tvrdih čestica koje potiču od saobraćaja.“

Emisije iz drumskog saobraćaja daju značajan doprinos ukupnom zagađenju vazduha, iako uobičajena pretpostavka da je saobraćaj dominantan faktor u urbanom zagađenju možda nije uvek tačna. Zagađenje spoljašnjeg vazduha je glavni uzrok prevremene smrti i nalazi se na petom mestu u uzročnim faktorima smrtnosti od nezaraznih bolesti. Samo zagađenje česticama (PM) izazvalo je 4,2 miliona prevremenih smrti u 2022. godini širom sveta, uglavnom u Kini i Indiji. Kvalitet vazduha u zapadnim zemljama se enormno poboljšao u proteklim decenijama i smanjenje emisija izduvnih gasova drumskih vozila je značajno doprinelo ovom trendu. Međutim, pitanje sa kojim se sada moramo suočiti je kakav se budući doprinos može očekivati od daljeg smanjenja emisija iz voznog parka. Sa jedne strane, mnogi naučnici nastavljaju da tvrde da je saobraćaj i dalje glavni izvor zagađenja vazduha, dok podaci daljinske detekcije ukazuju na značajno smanjenje emisija za neke zagađivače, a naučnici iz automobilske industrije ukazuju na velika smanjenja emisija po vozilu u poslednjih 30–40 godina i pitanje koliko je dodatno smanjenje emisija opravdano (Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., Panori, A., 2018).

3.5 Buka kao komponenta saobraćajnog zagađenja

U savremenim istraživanjima, kao jedan od faktora koji je povezan sa saobraćajnim zagađenjem, jeste i buka u gradskim sredinama, koju proizvode vozila. Ubrzana urbana džentrifikacija (japifikacija) i remećenje određenih urbanističkih planova evidentno imaju uticaj na to da postoji problem buke izazvane saobraćajem u gradovima. Taj problem je prepoznat i razvijene zemlje 0,35% svog BDP-a karakterišu kao eksterne troškove buke u saobraćaju. Prema određenim autorima, „glavni izvori buke u gradskom saobraćaju su: izduvni i usisni sistem, rad motora i mehanička buka, sistem za hlađenje, grejanje, provetravanje, pneumatici, aerodinamička buka i dr.“ (Ilievska-Kostadinović, M., 2015).

Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji (SZO), zagađenje bukom je skoro jednako štetno za naše zdravlje kao i zagađenje vazduha. Nova studija otkriva da ne radimo ni približno dovoljno istraživanja da bismo razumeli, a kamoli regulisali uticaj buke automobila na naša tela (Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., Karoń, G., 2017).

Saobraćajni sektor u Evropi proizvodi skoro četvrtinu emisije gasa sa efektom staklenih bašta i glavni je uzrok zagađenja vazduha u gradovima. Dugotrajno izlaganje dimu, zagađenju i buci može izazvati direktne zdravstvene probleme, kao što su poremećaji spavanja, stres, astma, visok krvni pritisak i bolesti srca (Shehab,M., Pope,F., 2019).

Buka se najlakše može predstaviti kao negativan uticaj na zdravlje, kao što su povišen krvni pritisak, nervoza i razdražljivost, nesanica, pa čak i depresija u kombinaciji sa drugim efektima. Naročito su to važni skupovi, pa čak i neprepoznatljive urbane gomile u milionskim gradovima danas, svakog dana. Svetska zdravstvena organizacija (SZO) je klasifikovala saobraćajnu buku, drumski, železnički i vazdušni saobraćaj kao drugi najvažniji uzrok lošeg zdravlja u zapadnoj Evropi, posle zagađenja vazduha izazvanog veoma finim česticama (WHO, 2015). Prema EEA, buka je povezana sa više hiljada prevremenih smrti, dok je zagađenje vazduha (PM_{2,5}, NO_x i O₃) povezano sa više od 550.220 smrtnih slučajeva (EEA, 2021).

Istraživači nisu uzeli u obzir specifičan uticaj automobilske buke na ljudski sluh, ali je više nego jasno da i ljudi pate, približno 65,5% Evropljana je rutinski izloženo buci iznad 50 dB, ali čak 97% Amerikanaca živi sa tim nivoom konstantne buke sa putne mreže kojom dominiraju automobili (Degraeuwe, B., Pisoni, E., Peduzzi, E., DeMeij, A., Monforti-Ferrario, F., Bodis, K., Mascherpa, A., Astorga-Llorens,M., Thunis, P., Vignati, E., 2019). Nivo buke od 50 dB možda ne zvuči mnogo prosečnom građaninu i otprilike je ekvivalentan zvuku mašine za pranje veša. Ali ako slušanje zvuka bučnog kuhinjskog aparata tokom celog dana zvuči dosadno, važno je zapamtiti da zagađenje bukom niskog nivoa može biti veoma opasno – a putevi su stalni izvori zagađenja bukom.

3.6 Posledice zagađenja urbanih ekosistema

3.6.1 Posledice zagađenja vazduha

Zagađenje vazduha je najveći pojedinačni rizik za zdravlje životne sredine u Evropi, izazivajući kardiovaskularne i respiratorne bolesti koje dovode do gubitka zdravih godina života i, u najtežim slučajevima, do prerane smrti. Zato je važno dati status koncentracija zagađujućih materija u ambijentalnom vazduhu u 2020. i 2021. godini prema zagađivačima, u odnosu na standarde kvaliteta vazduha EU i smernice SZO, ažurirane 2021. godine. Procena pokazuje da su prekoračenja standarda kvaliteta vazduha

uobičajena širom EU, sa koncentracijama znatno iznad najnovijih preporuka SZO. Ipak, 2020. godine, mere zaključavanja (lockdown) usvojene da bi se minimiziralo širenje COVID-19 imale su privremeni uticaj na emisije zagađenja vazduha iz drumskog saobraćaja i dovele su do poboljšanja kvaliteta vazduha (WHO, 2015).

Prema SZO, zagađivači vazduha koji uglavnom utiču na zdravlje ljudi su čestice (PM), ozon (O_3), azot dioksid (NO_2), jedinjenja ugljovodonika, sumpor dioksid (SO_2) i ugljen monoksid (CO). Čvrste materije se smatraju najvažnijim, jer utiče na više ljudi nego bilo koji drugi zagađivač vazduha.

Prema izveštaju EEA, uprkos smanjenju emisija u 2020. godini, koncentracije čestica (uključujući i $PM_{2,5}$ i PM_{10}), ozona (O_3) i azot dioksida (NO_2) redovno premašuju standarde kvaliteta vazduha EU i one su znatno iznad najnovijih preporuka SZO. Slika 5. predstavlja procenat urbanog stanovništva EU izloženog koncentracijama zagađivača vazduha iznad standarda EU kako je navedeno u direktivama o kvalitetu ambijentalnog vazduha i globalnim smernicama za kvalitet vazduha SZO. Standardi EU za kvalitet vazduha su manje zahtevni i strogi za sve zagađivače od smernica SZO za kvalitet vazduha.



Slika 5. Procenat urbanog stanovništva EU izloženog koncentracijama ključnih zagađivača vazduha iznad standarda EU i smernica SZO u 2020. (Izvor: EEA, 2021)

3.6.1.1 $PM_{2,5}$

Pojam PM (Particulate Matters) se odnosi na štetne čestice različitih elemenata koje se mogu udahnuti. Ove čestice uključuju one čiji je prečnik manji od 10 mikrona

(PM₁₀) i sitnije čestice prečnika manjeg od 2,5 mikrona (PM_{2,5}), koje predstavljaju najveći rizik po zdravlje zbog svog kapaciteta da prodiru u pluća i krvotok ljudi. Tokom sagorevanja goriva formira se količina zagađenja PM_{2,5} i nalazi se u izduvnim gasovima vozila. Habanjem kočnica i guma nastaju dodatne čestice PM_{2,5}. Međutim, veliki deo PM_{2,5} nastaje indirektno kroz reakcije zagađujućih gasova u atmosferi, često u kombinaciji sa sunčevom svetlošću. Ovi zagađujući gasovi su amonijum, oksidi sumpora, oksidi azota i isparljiva organska jedinjenja. Većina ovih zagađivača se emituje u izduvnim gasovima vozila, mada isparljiva organska jedinjenja mogu nastati od isparavanja benzina tokom sipanja goriva u vozilo. SZO je ustanovila PM smernice koje gradovi moraju da ispune u pogledu kvaliteta vazduha. Tokom 2021. godine, 98% gradova u zemljama sa niskim i srednjim prihodima i 65% gradova sa više od 100.000 stanovnika u zemljama sa visokim prihodima, nije ispunilo date smernice (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

Crni ugljenik (BC - Black Carbon) je glavna komponenta PM_{2,5} i poznat je i kao „kratkotrajni zagađivač klime“ jer se taloži u atmosferi za kraće vreme nego ugljen dioksid (CO₂). Drugi najveći faktor koji doprinosi klimatskim promenama (posle CO₂) je crni ugljenik, čak i sa svojim kratkim životnim vekom. U pogledu zdravlja nisu opasne veće čestice, jer one ostaju zarobljene u respiratornom traktu i ne ulaze u respiratorni sistem. Opasnije su manje, fine čestice koje mogu dopreti u respiratorni sistem ili krvotok. Više od 2 miliona ljudi svake godine umre od udisanja finih čestica prema podacima Svetske zdravstvene organizacije. Smatra se da bi usklađivanje sa smernicama Svetske zdravstvene organizacije spasilo 1,09 miliona života. Sa ekološkog stanovišta čestice izazivaju smanjenje vidljivosti i utiču na klimu difuzijom i apsorbovanjem svetlosti. Do degradacije materijala dolazi usled taloženja čestica na površine. Nakupljene čestice na lišću biljke sprečavaju fotosintezu i mogu ugušiti biljku (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

Tabela 6. Preporučeni nivoi kvaliteta vazduha za 2021. godinu u poređenju sa smernicama za kvalitet vazduha iz 2005. godine (EEA, 2021)

Pollutant	Averaging Time	2005 AQGs	2021 AQGs
PM _{2.5} , µg/m ³	Annual	10	5
	24-hour ^a	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annual	20	15
	24-hour ^a	50	45
O ₃ , µg/m ³	Peak season ^b	-	60
	8-hour ^a	100	100
NO ₂ , µg/m ³	Annual	40	10
	24-hour ^a	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	20	40
CO, mg/m ³	24-hour ^a	-	4

Oznake:

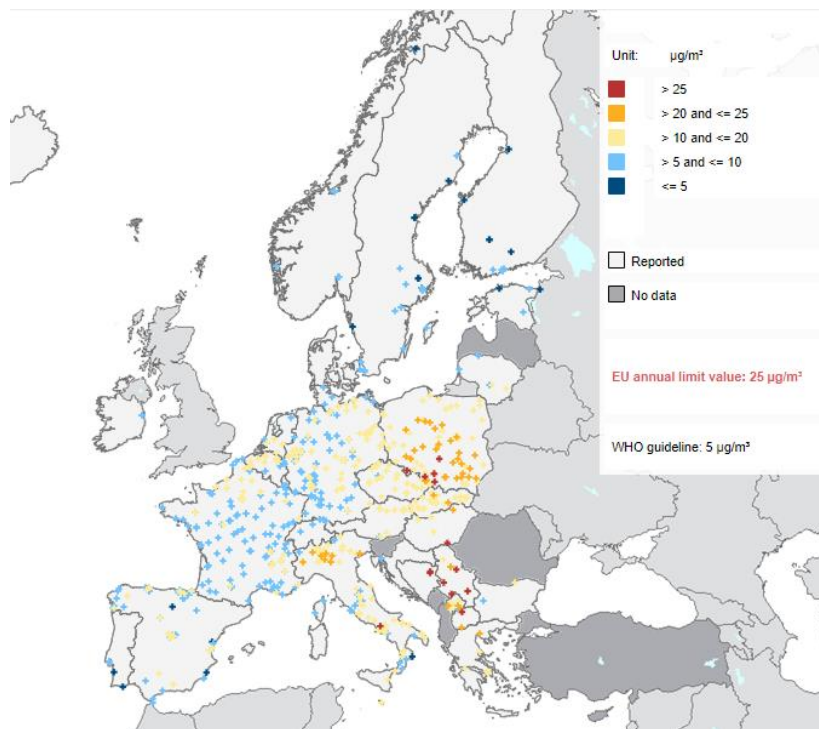
µg = mikrogram

^a 99. percentil (tj. 3–4 dana prekoračenja godišnje).

^b Prosečna dnevna maksimalna 8-časovna srednja koncentracija O₃ u šest uzastopnih meseci sa najvišom šestomesečnom tekućom prosečnom koncentracijom O₃.

Napomena: Godišnja i vršna sezona su dugotrajna izloženost, dok su 24 sata i 8 sati kratkoročna izloženost.

Čestice PM_{2.5} mogu da prodru duboko u ljudski respiratorni sistem, dostižući pluća. Izloženost PM_{2.5} česticama povezana je sa respiratornim i kardiovaskularnim oboljenjima i smanjenom funkcijom pluća. Čak 96% gradskog stanovništva bilo je izloženo koncentracijama finih čestica (PM_{2.5}) iznad godišnjih smernica SZO od 5 µg/m³. Na slici 6. prikazane su godišnje prosečne koncentracije PM_{2.5} izmerene na urbanim stanicama za praćenje koje se nalaze u evropskim gradovima 2020. i 2021. godine. Najviši nivoi koncentracija PM_{2.5} izmereni su u gradovima u Italiji, Poljskoj, Bugarskoj, Hrvatskoj i Češkoj. Što se tiče Republike Srbije, čak je na 4 lokacije (Novi Pazar – 47, Užice – 32, Niš – 26, Smederevo – 28), utvrđena koncentracija čestica veća od 25 µg/m³ (WHO, 2015).

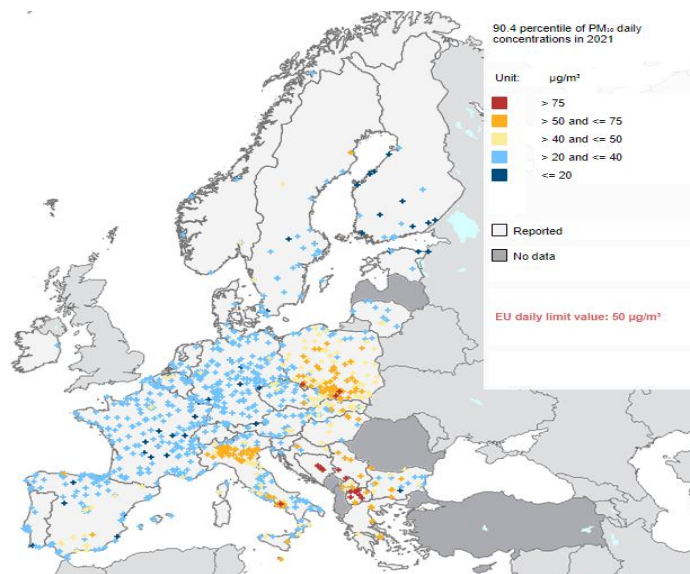


Slika 6. Koncentracije $PM_{2,5}$ u 2021. godini u odnosu na godišnju graničnu vrednost EU i godišnje smernice SZO (Izvor: WHO, 2015)

Napomena: Mape predstavljaju prosečne godišnje koncentracije $PM_{2,5}$ merene na stanicama za praćenje kvaliteta vazduha u gradovima, uključujući pozadinske, industrijske i saobraćajne stanice.

3.6.1.2 PM_{10}

Čestice PM_{10} su čestice prečnika 10 mikrona (μm) ili manje. Izloženost česticama može negativno uticati na pluća i srce ljudi i dovodi do prerane smrti kod ljudi sa srčanim ili plućnim oboljenjima. U 2020. godini, 71% gradskog stanovništva bilo je izloženo koncentracijama PM_{10} iznad SZO smernica od $45 \mu g/m^3$. Slika 7. prikazuje 90,4% prosečnih dnevnih koncentracija PM_{10} izmerenih na urbanim stanicama za praćenje koje se nalaze u evropskim gradovima 2020. i 2021. godine. Prekoračenja dnevne granične vrednosti EU za PM_{10} primećuju se na urbanim lokacijama u Italiji, Poljskoj, Hrvatskoj, Bugarskoj i jugoistočnim zemljama. Što se tiče Republike Srbije, na 2 lokacije (Novi Pazar – 110, Užice – 86), utvrđena je koncentracija čestica veća od $50 \mu g/m^3$ (WHO, 2015).



Slika 7. Koncentracije PM₁₀ u 2021. godini u odnosu na dnevnu graničnu vrednost (Izvor: WHO, 2015)

Napomena: Mape predstavljaju 90,4 percentila dnevnih koncentracija PM₁₀ izmerenih na stanicama za praćenje kvaliteta vazduha u gradovima, uključujući pozadinske, industrijske i saobraćajne stanice. 90,4 percentil se odnosi na dnevnu graničnu vrednost EU za PM₁₀.

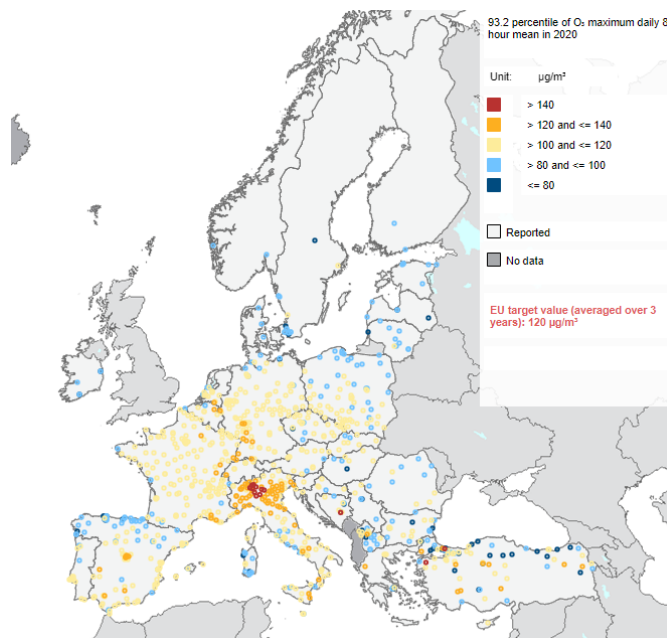
Prema SZO, ako dođe do smanjenja emisije čestica (PM₁₀) sa 70 na 15 µg/m³, smrtni slučajevi uzrokovani zagađenjem vazduha bi se smanjili za približno 16%.

3.6.1.3 O₃

Prizemni ozon (O₃) je sekundarni zagađivač, jer se ne emituje direktno u vazduh, već nastaje usled hemijskih reakcija u prisustvu sunčeve svetlosti. Stoga, u zavisnosti od regiona, mehanizmi formiranja ozona mogu biti različiti u zavisnosti od postojećih supstanci i intenziteta sunčeve svetlost. Ovaj zagađivač je odgovoran za razne disajne probleme i respiratorne bolesti kao što je astma (Clougherty JE, Levy JI, Kubzansky LD, Ryan PB, Suglia SF, Canner MJ, 2007). Ozon oštećuje biljke i deluje kao „gas staklene bašte“ doprinoseći efektu staklene bašte. Njegovi visoki nivoi često su povezani i sa problemima vidljivosti (Grafius, D.R., Corstanje, R., Warren, P., Evans, K.L., Hancock, S., Harris, J., 2016).

Izloženost visokim koncentracijama ozona može izazvati ozbiljnu štetu respiratornom sistemu i dovodi do kardiovaskularnih bolesti i stavlja osetljive receptore u veći rizik od prerane smrti. Čak 95% gradskog stanovništva bilo je izloženo koncentracijama O₃ iznad SZO smernica od 100 µg/m³. Slika 8. prikazuje 93,2 percentila maksimalnih dnevnih 8-časovnih srednjih koncentracija O₃ izmerenih 2021. godine na urbanim stanicama za praćenje koje se nalaze u evropskim gradovima. Prekoračenja ciljane

vrednosti EU za O_3 su široko prijavljivana širom Evrope. Što se tiče Republike Srbije, na 2 lokacije (Beograd – 98, Niš – 98), utvrđena je koncentracija čestica između 80 i 100 $\mu g/m^3$ (WHO, 2015).



Slika 8. Koncentracije O_3 u 2021. godini u odnosu na ciljnu vrednost EU (Izvor: WHO, 2015)

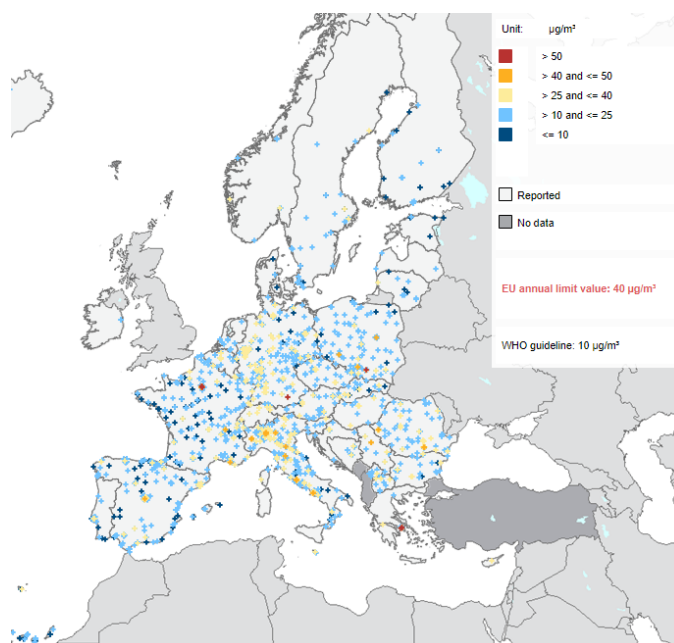
Napomena: Mape predstavljaju 93,2 percentila maksimalnih dnevnih 8-časovnih srednjih koncentracija O_3 izmerenih na stanicama za praćenje kvaliteta vazduha u gradovima, uključujući pozadinske, industrijske i saobraćajne stanice. 93,2% se odnosi na ciljnu vrednost EU za O_3 .

3.6.1.4 NO_2

Važna komponenta ozona i čestica je azot dioksid (NO_2). Ovaj gas se uglavnom stvara iz industrijskih i saobraćajnih izvora, jer se emituje u vazduh kao rezultat sagorevanja goriva. Kada NO_2 stupi u interakciju sa vodom, kiseonikom i drugim hemikalijama, on izaziva kisele kiše i maglovit vazduh, što može naštetiti jezerima, šumama, prirodnim parkovima i priobalnim vodama. Neke studije sugerišu da je ovaj zagađivač povezan sa astmom i problemima sa pištanjem. Kada je kiseonik prisutan u komori za sagorevanje, 0,5-10% NO se transformiše u NO_2 . U gradovima sa razvijenim saobraćajem dovodi do formiranja zagađenih oblaka smeđkaste boje u kombinaciji sa prašinom i to nekoliko metara iznad zemlje. Dok zagađenja PM česticama potiču iz različitih kategorija izvora, koncentracije NO_2 skoro isključivo potiču iz drumskog saobraćaja (Prohaska, I., Ristić, V., 2023). Azotni oksidi nemaju veoma štetno dejstvo na zdravlje ljudi, ali kada se ispuštaju visoke koncentracije iz motora sa unutrašnjim

sagorevanjem one su često toksične (Degraeuwe, B., Pisoni, E., Peduzzi, E., DeMeij, A., Monforti-Ferrario, F., Bodis, K., Mascherpa, A., Astorga-Llorens, M., Thunis, P., Vignati, E., 2019).

Povišeni nivoi NO₂ su povezani sa štetnim efektima na ljudski respiratorni sistem, a dugotrajna izloženost visokim nivoima NO₂ može izazvati hroničnu bolest pluća. Čak 89% gradskog stanovništva bilo je izloženo koncentracijama NO₂ iznad smernica SZO od 10 µg/m³. Na slici 9. prikazane su godišnje prosečne koncentracije NO₂ izmerene na urbanim stanicama za praćenje koje se nalaze u evropskim gradovima u 2021. godini. Najveće koncentracije NO₂ zabeležene su u velikim gradovima širom Evrope. Što se tiče Republike Srbije, na jednoj lokaciji (Beograd–Mostar - 43), utvrđena je koncentracija čestica između 40 i 50 µg/m³ (WHO, 2015).



Slika 9. Koncentracije NO₂ u 2021. godini u odnosu na godišnju graničnu vrednost EU i godišnje smernice SZO (Izvor: WHO, 2015)

Napomena: Mape predstavljaju godišnje prosečne koncentracije NO₂ izmerene na stanicama za praćenje kvaliteta vazduha u gradovima, uključujući pozadinske, industrijske i saobraćajne stanice.

3.6.1.5 Ugljen monoksid

Ugljen monoksid (CO) je gas bez boje, mirisa, ukusa, nekorozivan i veoma otrovan gas koji ima sličnu gustinu, kao i vazduh. CO je veoma zapaljiv i oslobađa se tokom sagorevanja. Lokacije, koje i dalje imaju visoke koncentracije CO, obično imaju meteorološke i topografske karakteristike koje pogoršavaju zagađenje. Na primer, visokim koncentracijama ugljen monoksida doprinose niske temperature. Motori i oprema za kontrolu emisije izduvnih gasova rade manje efikasno kada su hladni. Rezultat

je da se u većim količinama formiraju proizvodi nepotpunog sagorevanja, uključujući CO. Ponekad se meteorologija, topografija i emisije kombinuju i izazivaju visoke koncentracije ugljen monoksida. Nepotpuno sagorevanje benzina u cilindrima motora je primarni izvor ugljen monoksida iz vozila. Nedovoljna količina kiseonika u smeši dovodi do nepotpune konverzije ugljenika iz goriva u ugljen dioksid (CO_2). Nedovoljno vreme je takođe uzrok da ugljenik iz goriva u potpunosti oksidiše u CO_2 . Zbog viška vazduha, koji se koristi u ciklusu sagorevanja dizela, emisije ugljen monoksida iz dizel vozila su minimalne. Nije uobičajeno pronaći veoma visoke nivoe CO na otvorenom, ali kada je prisutan, posebno je opasan za ljude sa srčanim oboljenjima zbog ograničene količine kiseonika koja putuje do srca. Ugljen monoksid doprinosi zakiseljavanju zemljišta, vazduha i vodotokova i time utiče na životnu sredinu i ekosisteme. Može uticati na formiranje troposferskog ozona i transformisati se u CO_2 hemijskom reakcijom (Jang, C.-L., Hsiao, L.H.C. and Yeh, S.-P. , 2018).

3.6.1.6 Jedinjenja ugljovodonika

Jedinjenja ugljovodonika se sastoje od ugljenika i vodonika i uključuju niz drugih isparljivih organskih jedinjenja (VOC_s - Volatile Organic Compounds). Nekoliko HC i HOS predstavljaju teške gasove ili isparljiva jedinjenja sa izraženim mirisom. Javljaju se kao rezultat nepotpunog sagorevanja benzina. Koncentracije HC koje se nalaze u ambijentalnom vazduhu nisu direktno štetne po zdravlje ljudi. Teški ugljovodonici, kao što je benzen, su daleko više kancerogeni u odnosu na lake ugljovodonike, kao što je metan. Kroz hemijske reakcije koje se odigravaju u troposferi oni igraju važnu ulogu u formiranju NO_2 i O_3 koji su opasni za zdravlje ljudi i životnu sredinu. U ovim reakcijama metan (CH_4) je odsutan među različitim HC. Nemetanski ugljovodonici (NMHC - Nonmethane Hydrocarbons) u preostalim jedinjenjima ugljovodonika učestvuju u formiranju sekundarnih zagađivača vazduha. NMHC izazivaju foto hemijske reakcije. Transport emituje od 40-50% ukupne emisije HC/VOC. Oni nastaju nepotpunim sagorevanjem, isparavanjem iz skladišta, prilikom sipanja goriva u vozilo. Motorna vozila emituju toksični HC, uključujući aldehide, benzol i poliaromatične ugljovodonike (PAH - Polycyclic Aromatic Hydrocarbon). Iz izduvnih gasova dolazi blizu 85-90% emisije benzena, a ostatak dolazi direktno od isparavanja benzina i gubitka u distribuciji. U benzinu su prisutni toluen i ksilen (CH jedinjenja), dok su u benzinu i dizel gorivu

odsutni aldehidi, 1,3 butadien. PAH se emituju u većem procentu u izduvnim gasovima vozila na dizel gorivo nego kod vozila na benzin (Bhandarkar,S., 2013).

3.6.2 Posledice zagađenja vode

3.6.2.1 Uticaj na javno zdravlje

Realno gledajući, zagađenje vode može biti smrtonosno. Zapravo, izazvalo je 3,5 miliona smrtnih slučajeva tokom 2022. godine. Kontaminirana voda takođe izaziva oboljenja. Svake godine od neispravne vode oboli oko milijardu ljudi. A zajednice sa niskim prihodima su nesrazmerno ugrožene jer su njihovi domovi često najbliži industrijama koje najviše zagađuju (Gondhalekar, D., Akhtar, A., Keilmann, P., Kebschull, J., Nussbaum, S., Dawa, S., Namgyal, P., Tsultim, L., Phuntsog, T., Dorje, S., Mutup, T., Namgail, P. , 2014).

Patogeni koji se prenose vodom, u obliku bakterija i virusa koji izazivaju bolesti iz ljudskog i životinjskog otpada, glavni su uzrok bolesti od kontaminirane vode za piće. Bolesti koje se šire nebezbednom vodom uključuju koleru, giardiju i tifus. Čak i u bogatim zemljama, slučajna ili ilegalna ispuštanja iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, kao i oticanje sa farmi i urbanih područja, doprinose štetnim patogenima u vodenim tokovima. Hiljade ljudi širom SAD svake godine obole od legionarske bolesti (teški oblik upale pluća koji se dobija iz izvora vode kao što su rashladni tornjevi i vodovodna voda), a slučajevi se javljaju od kalifornijskog Diznilenda do Menhetna (Sood, S., Sood, V., Bansal, R. and John, S. , 2013).

U međuvremenu, težak položaj stanovnika u Flintu u Mičigenu — gde su mere smanjenja troškova i zastarela infrastruktura vode doveli do krize zagađenja olovom — nudi oštar pogled na to koliko mogu biti opasni hemijski i drugi industrijski zagađivači u našoj vodi. Problem je mnogo veći od prisustva olova, jer širok spektar hemijskih zagađivača — od teških metala kao što su arsen i živa do pesticida i nitratnih đubriva — ulazi u naše zalihe vode. Jednom kada se progutaju, ovi toksini mogu izazvati niz zdravstvenih problema, od raka i poremećaja hormona do izmenjene funkcije mozga. Posebno su ugrožena deca i trudnice (Alvey, A. Alexis, 2006).

Čak i plivanje može predstavljati rizik. Svake godine 3,5 miliona Amerikanaca oboli od zdravstvenih problema kao što su osip na koži, groznica, respiratorne infekcije i hepatitis iz obalnih voda napunjenih kanalizacijom, prema procenama EPA (Environmental Protection Agency) (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

3.6.2.2 Uticaj na životnu sredinu

Da bi napredovali, zdravi ekosistemi se oslanjaju na složenu mrežu životinja, biljaka, bakterija i gljivica – koje sve međusobno, direktno ili indirektno, deluju. Šteta za bilo koji od ovih organizama može stvoriti lančani efekat, ugrožavajući čitavo vodeno okruženje (Alberti, M., 2008).

Zagađenje vode izaziva cvetanje algi u jezeru ili morskom okruženju, proliferaciju novouvedenih hranljivih materija, stimuliše rast biljaka i algi, što zauzvrat smanjuje nivo kiseonika u vodi. Ova nestašica kiseonika dovodi do eutrofikacije, guši biljke i životinje i može stvoriti „mrtve zone“, gde su vode u suštini lišene života. U određenim slučajevima, ovi štetni cvetovi algi takođe mogu proizvesti neurotoksine koji utiču na divlje životinje, od kitova do morskih kornjača (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A., 2022).

Hemikalije i teški metali iz industrijskih i komunalnih otpadnih voda takođe zagađuju vodene tokove. Ovi zagađivači su toksični za vodeni život – najčešće smanjuju životni vek organizma i sposobnost reprodukcije – i probijaju se u lanac ishrane dok grabežljivac jede plen. Tako tune i druge velike ribe akumuliraju velike količine toksina, kao što je živa (Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleutério, A.A., MacGregor Fors, I., Reyes Paেকে, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D., & Hernández, H.J., 2018).

Morski ekosistemi su takođe ugroženi morskim ostacima, koji mogu da zadave, uguše i izgladnjuju životinje. Veliki deo ovog čvrstog otpada, kao što su plastične kese i limenke pića, biva odveden u kanalizaciju i kišne odvođe i na kraju u more, pretvarajući naše okeane u rezervoar za otpatke i ponekad se konsolidujući da formiraju plutajuće đubre. Odbačeni ribolovni alat i druge vrste otpadaka su odgovorni za nanošenje štete za više od 200 različitih vrsta morskog života (Dakhia, K., Berezowska-Azzag, E., 2010).

U međuvremenu, zakiseljavanje okeana otežava opstanak školjki i korala. Iako apsorbuju oko četvrtine zagađenja ugljenikom stvorenog svake godine sagorevanjem fosilnih goriva, okeani postaju kiseli. Ovaj proces šteti školjkama i drugim vrstama koje grade školjke i može uticati na nervni sistem ajkula, riba klovnova i drugih morskih životinja (Dizdaroglu, D., Yigitcanlar, T., Dawes, L., 2012).

3.6.3 Posledice zagađenja zemljišta i tla

Zagađenje zemljišta može imati brojne štetne efekte na ekosisteme i zdravlje ljudi, biljaka i životinja. Štetni efekti zagađenja zemljišta mogu proizaći iz direktnog kontakta sa zagađenim zemljištem ili iz kontakta sa drugim resursima, kao što su voda ili hrana koja je uzgajana ili dolazi u direktan kontakt sa zagađenim zemljištem.

3.6.3.1 Ljudi

Mnogi uobičajeni zagađivači zemljišta su kancerogeni, što uzrokuje da ljudi koji su izloženi ovim zagađivačima imaju mnogo veću verovatnoću da dobiju rak od onih koji nisu. Na primer, poznato je da redovno izlaganje benzenu izaziva leukemiju i kod dece i kod odraslih, a izloženost polihlorovanim bifenilima (PCB) je povezana sa rakom jetre. Zagađenje tla takođe može izazvati neuromišićnu blokadu, kao i depresiju centralnog nervnog sistema, glavobolje, mučninu, umor, iritaciju očiju i osip na koži. Zemljište ne mora biti jako kontaminirano da bi bilo štetno za ljude. Zemljište koje nije značajno zagađeno može i dalje direktno štetiti ljudima kroz bioakumulaciju, koja se prema problemima zagađenja dešava kada se biljke uzgajaju u blago zagađenom zemljištu, koje kontinuirano apsorbuje molekule zagađivača. Pošto se biljke ne mogu osloboditi ovih molekula, oni se akumuliraju u biljci, uzrokujući veće količine zagađenja u biljci nego u zemljištu (Florida,R., 2019).

Životinje koje jedu mnoge od ovih zagađenih biljaka preuzimaju celokupno zagađenje koje su te biljke akumulirale. Veće životinje koje jedu životinje koje su već apsorbivale zagađene biljke preuzimaju to zagađenje. Ljudi koji jedu biljke ili životinje koje su akumulirale velike količine zagađivača iz zemljišta mogu se otrovati, čak i ako samo tlo ne sadrži dovoljno zagađenja da šteti ljudskom zdravlju (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. , 2020).

Štaviše, prisustvo teških metala u zemljištu u toksičnim količinama može izazvati nepovratna oštećenja u razvoju dece. Olovo i živa u zemljištu takođe mogu biti štetni po zdravlje ljudi. Iako se olovo i živa mogu prirodno naći u zemljištu, visoke koncentracije oba metala mogu izazvati oštećenje mozga u razvoju dece, što zauzvrat može dovesti do neuroloških problema. Ljudi bilo kog uzrasta takođe mogu da pretrpe oštećenje bubrega ili jetre usled izlaganja prekomernoj količini žive u zemljištu. Pored ugrožavanja zdravlja ljudi, zagađenje zemljišta može prouzrokovati i ekonomsku štetu. Na primer, u nekim delovima Kine, zemljište koje je zagađeno teškim metalima se ipak koristi za uzgoj

žitarica. Zrno koje se uzgaja na ovim zemljištima često je zagađeno teškim metalima. Prema China Dialogue-u, procenjuje se da se 12 miliona tona zagađenih žitarica mora odložiti svake godine, što kineske poljoprivrednike košta do 20 milijardi juana (CNY), ili oko 2,57 milijardi USD (Klimas, E., Lideika, M. , 2018).

3.6.3.2 Životinje

Zagađenje zemljišta može negativno uticati na metabolizam mikroorganizama i zglavkara, koji mogu uništiti neke slojeve primarnog lanca ishrane i štetno uticati na životinjske vrste predatore. Takođe, mali životni oblici mogu konzumirati štetne hemikalije u zemljištu koje se zatim mogu preneti u lanac ishrane većim životinjama, što može dovesti do povećane stope smrtnosti, pa čak i izumiranja životinja (Nielsen, S.B., Sarasoja, A.-L. and Galamba, K.R. , 2016).

3.6.3.3 Životna sredina

Prema problematici zagađenja, zagađenje tla prirodno doprinosi zagađenju vazduha ispuštanjem isparljivih jedinjenja u atmosferu – tako da što više toksičnih jedinjenja sadrži tlo, to je veće zagađenje vazduha koje stvara – i može dovesti do zagađenja vode ako toksične hemikalije iscuru u podzemne vode ili ako kontaminirano oticanje ili kanalizacija, koja može sadržati opasne teške metale, dospeva u potoke, jezera ili okeane. Kada se ponavljaju više puta ili u velikim količinama, ovi teški metali se mogu akumulirati u zemljištu do te mere da nije u stanju da podrži život biljaka (Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A., Sasaki, R., Abson, D.J., Lang, D.J., Wamsler, C., Wehrden, H.V., 2015).

Štaviše, zagađenje zemljišta omogućava da se velike količine azota oslobode kroz isparavanje i denitrifikaciju amonijaka, a razlaganje organskih materijala u zemljištu može da oslobodi sumpor dioksid i druga jedinjenja sumpora, izazivajući kisele kiše. Kiselo zemljište nastalo taloženjem kiselih jedinjenja, kao što je sumpor dioksid nastao sagorevanjem fosilnih goriva, proizvodi kiselu sredinu koja šteti mikroorganizmima, koji inače poboljšavaju strukturu zemljišta razlažući organski materijal i pomažu protok vode (Clement, S. , 2021).

Zagađenje zemljišta može promeniti metabolizam biljaka, smanjiti prinose useva i dovesti do toga da drveće i biljke koje mogu da apsorbuju zagađivače iz zemlje prođu kroz lanac ishrane. Zemljišta zagađena kiselim kišama utiču na biljke tako što narušavaju hemiju zemljišta i smanjuju sposobnost biljke da preuzme hranljive materije i podvrgne

se fotosintezi. Zagađenje zemljišta takođe uzrokuje gubitak zemljišta i prirodnih hranljivih materija prisutnih u njemu, ometajući sposobnost biljaka da napreduju u takvom zemljištu, što bi dalje rezultiralo erozijom zemljišta i narušavanjem ravnoteže flore i faune koja se nalazi u zemljištu. Dok se aluminijum prirodno javlja u životnoj sredini, zagađenje zemljišta može mobilisati neorganske forme, koje su veoma toksične za biljke i potencijalno mogu da se iscure u podzemne vode, pojačavajući njihove efekte. Zagađenje zemljišta povećava salinitet zemljišta čineći ga nepodesnim za vegetaciju, čineći ga beskorisnim i neplodnim. Ako neki usevi uspeju da rastu u ovim uslovima, bili bi dovoljno otrovni da izazovu ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi koji ih konzumiraju (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

Stvaranje toksične prašine je još jedan potencijalni efekat zagađenja zemljišta. Štaviše, kontaminirana tla sa visokim nivoom azota i fosfora mogu se ispirati u vodene tokove, izazivajući cvetanje algi, što dovodi do odumiranja vodenih biljaka usled osiromašenog rastvorenog kiseonika. Konačno, kiselo taloženje u tlu može ometati njegovu sposobnost da ublaži promene pH vrednosti zemljišta, što dovodi do odumiranja biljaka zbog negostoljubivih uslova (Chen, W.Y., 2017).

3.6.4 Posledice zagađenja otpadom

Sadašnji trend urbanizacije pokazuje da više od 50% svetske populacije živi u gradovima. Procenjuje se da će ovaj procenat porasti na 70% do 2050. godine, sa posledicama na dalji industrijski razvoj i obrasce potrošnje. To će najverovatnije takođe dovesti do naglog povećanja proizvodnje otpada. Nedavni izveštaj Svetske banke zaključuje da će se bez hitne akcije globalni otpad povećati za 70% do 2050. godine u poređenju sa sadašnjim nivoima, često čineći tradicionalne metode odlaganja nedovoljnim i deponije neadekvatnim (WB, 2021).

Otpad koji ljudi stvaraju je štetan za našu životnu sredinu već duže vreme. Ljudi stvaraju previše smeća i ne mogu da se nose sa njim na održiv način. Otpad koji nije biorazgradiv i koji se ne može pravilno reciklirati puni naše okeane i deponije. Uzmimo plastični otpad kao primer. Nedavna studija je pokazala da je od 8,3 milijarde metričkih tona plastičnog otpada koji je proizveden, samo 9% tog plastičnog otpada reciklirano. U 2022. godini, svet je generisao oko 2,01 milijardu tona komunalnog čvrstog otpada godišnje. Međutim, najmanje 33% tog otpada, što je krajnje konzervativna procena, nije

bilo tretirano na ekološki bezbedan način (Breuste,J., Pauleit,S., Haase,D., Sauerwein,D., 2021).

Na dnevnom proseku, otpad koji se stvara širom sveta po osobi iznosi 0,74 kilograma, ali se kreće u širokom rasponu, od 0,11-4,54 kilograma. Iako čine samo 16% svetske populacije, zemlje sa visokim dohotkom proizvode oko 34% ili 683 miliona tona, svetskog otpada. Sve zajedno, količina proizvedenog otpada utiče na životnu sredinu na više načina: doprinosi pogoršanju klimatske krize, negativnom uticaju na divlje životinje i prirodnu sredinu i šteti našem sopstvenom javnom zdravlju (Kellogg, S.T. , 2021).

3.6.4.1 Klimatske promene

Način na koji odlažemo otpad je zabrinjavajući. Što je još gore, samo u ovoj deceniji, čini se da je odlaganje otpada postalo bezobzirnije. Ono što nismo uspeali da uradimo je da sprovedemo u delo ideje za koje verujemo da će nam pomoći da ublažimo klimatske promene ili da se prilagodimo klimatskim promenama. Primer: smeće koje se odlaže na deponije oslobađa gas metan. Korak dalje, otkriveno je da otvorene deponije predstavljaju 91% svih emisija metana na deponijama. Spaljivanje velikih, otvorenih gomila smeća u različitim delovima sveta emituje opasne nivoe ugljen dioksida, gasa staklene bašte koji zagreva našu planetu. Istraživači su izračunali da se otprilike 40% svetskog smeća spaljuje na ovaj način, što predstavlja velike rizike i za našu atmosferu i za ljude koji žive u blizini ovih lokacija spaljivanja (Alkier, R., Milojica, V., Roblek, V., 2022).

3.6.4.2 Divlje životinje

Ekosistemi se veoma razlikuju od lokacije do lokacije. Međutim, jedna od najvećih posledica globalnog problema otpada manifestuje se u odnosu na morski život i vodene puteve. Jednostavno rečeno, utiče na ljude čiji život zavisi od okeana. Vodene životinje ne mogu da razlikuju šta jeste ili nije hrana. One troše smeće što dovodi do uginuća jer vodena životinja nije mogla da ga preradi. Ovo utiče na ribe, foke, kornjače, kitove i mnoge druge vodene životinje, jer su naučnici pronašli mnogo plastičnih fragmenata u preko hiljadu vrsta. Zbog gutanja smeća ili plastike, gladovanje je obično sledeći korak, jer neke vrste nemaju visok nivo kiseline u stomaku da bi razgradili predmet koji su progutali. Postoje neke životinje koje to rade, ali se zna da plastični fragmenti mogu da traju 100 godina. Kada je u pitanju biodiverzitet, naš problem otpada ozbiljno pogađa zdravlje vrsta u svetu (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. , 2021).

3.6.4.3 Javno zdravlje

Javno zdravlje je ugroženo našim nečinjenjem. Nastavljamo da proizvodimo velike količine smeća, ne odlažemo ga pravilno i, na kraju, to će biti naša propast, kako za životnu sredinu tako i za divlje životinje u ekosistemima koje svi delimo. Ne možemo pospešiti ili promovisati dugovečnost načinom na koji se ponašamo prema našoj Zemlji. Sve više emisija koje proizvodimo zbog količine smeća koje generišemo, dugoročno utiče na nas. Mogu se razviti bolesti kao što su astma, urođene mane, rak, kardiovaskularne bolesti, rak u detinjstvu, HOBP, zarazne bolesti, mala porođajna težina i prevremeni porođaj. Bakterije, štetočine i insekti takođe se mogu dodati problemu koji smeće izaziva (Klimas, E., Lideika, M. , 2018).

4. PUTNIČKI SAOBRAĆAJ KAO FAKTOR ZAGAĐENJA URBANIH EKOSISTEMA

Sektor javnog gradskog saobraćaja je jedan od glavnih izvora saobraćajnog zagađenja u centru grada. Visok nivo ekonomskog rasta, brza urbanizacija, povećanje raspoloživog prihoda, razne društvene i rekreativne aktivnosti, povećanje broja privatnih vozila i distribucija različitih materijala i resursa direktno su povećali potražnju za transportnim sektorom i doveli do pogoršanja kvaliteta vazduha u gradovima. Ove sve veće emisije iz sektora gradskog saobraćaja doprinose zagađivanju vazduha u zemlji, globalnim klimatskim promenama, problemima zdravlja ljudi i formiranju prizemnog ozona na regionalnom i nacionalnom nivou (Prohaska, I., Ristić, V., 2023).

Problem neadekvatnog stanja i nedovoljnog broja vozila javnog prevoza uzrokuje veliki broj privatnih automobila u Srbiji. Povećanje broja privatnih vozila, može izazvati izuzetno ozbiljne probleme sa zagušenjem saobraćaja. Zagušenje saobraćaja je u stvari sudar slobodnog preduzetništva i socijalizma. Slobodno preduzetništvo proizvodi automobile brže nego što socijalizam može da izgradi puteve i putne kapacitete.²⁴ Takva zagušenja mogu uticati na gubitak vremena u putu i veliko zagađenje uzrokovano velikim brojem privatnih vozila. Upravo se sa povećanjem javnog prevoza očekuje smanjenje zagušenja.

4.1 Trend razvoja putničkih vozila u urbanim ekosistemima

4.1.1 Standardi performansi emisije CO₂ za automobile i kombije

Emisije izduvnih gasova u domaćem saobraćaju u EU su stalno rasle između 2013. i 2019. godine zbog rasta obima prevoza putnika i unutrašnjeg tereta (koji su usko povezani sa trendovima ekonomskog rasta). Emisije su se zatim smanjile za 13,6% između 2019. i 2020. godine, zbog drastičnog smanjenja transportnih aktivnosti tokom pandemije COVID-19. Prema preliminarnim procenama, emisije će porasti za 7,7% u 2021. godini, nakon povratnog efekta privrede. Poređenja radi, u godinama nakon ekonomske krize pre jedne decenije, emisije su se smanjivale za 1-3% godišnje (Alkier, R., Milošević, V., Roblek, V., 2022).

²⁴ Endrju Džozef Galambos je bio astrofizičar i filozof koji je podržavao ideju društvene strukture koja teži da pomiri slobodnu volju, ljudski mir i slobodu.

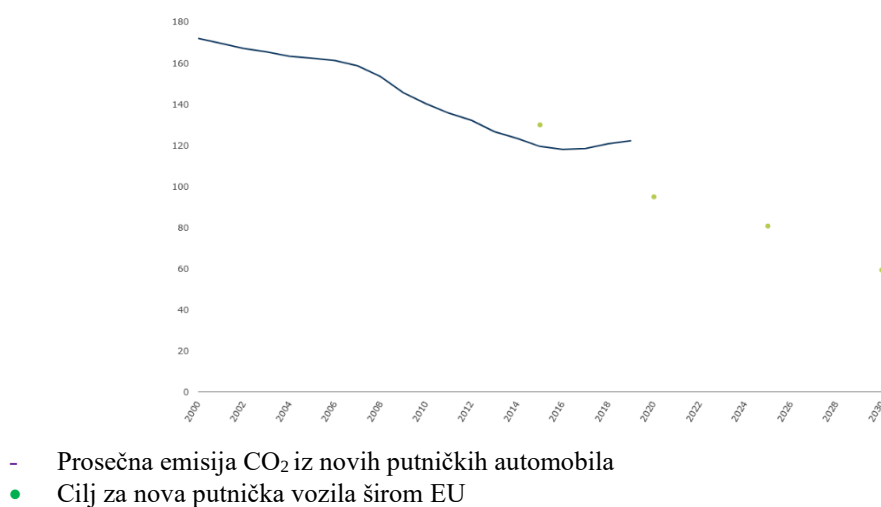
Drumski saobraćaj čini najveći udeo u ukupnim transportnim emisijama — 2020. godine emitovao je 77% svih gasova staklene bašte iz transporta u EU (uključujući domaći transport i međunarodni prevoz). Putnički automobili i kombiji (laka komercijalna vozila) su odgovorni za oko 12% odnosno 2,5% ukupnih emisija ugljen dioksida (CO₂) u EU, koji je glavni gas staklene bašte (Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S., 2009). Sa povećanjem potrošnje nafte u EU u 2022. godini dolazi i do porasta emisije iz transporta i to najbržim tempom od 2001. godine. Jedan od ozbiljnijih svetskih problema predstavlja emisija CO₂ iz putničkih automobila. Shodno tome, kao svetski ekološki cilj postavlja se smanjenje emisije CO₂ koja potiče od putničkih automobila (Charles H. Nilon, Myla F. J. Aronson, Sarel S. Cilliers, Cynnamon Dobbs, Lauren J. Frazee, Mark A. Goddard, Karen M. O'Neill, Debra Roberts, Emilie K. Stander, Peter Werner, Marten Winter, Ken P. Yocom, 2017).

Od 2015. godine optimalna emisija CO₂ iz automobila bila bi ona koja ne prelazi granicu od 130 g/km i to je cilj koji treba ostvariti. Nakon stalnog pada do 2016. godine, prosečna emisija CO₂ koja potiče od novih putničkih automobila registrovanih u Evropi porasla je u periodu od 2017. do 2019. godine. Razlozi za to su povećanje broja sportskih terenskih vozila i povećana prosečna masa vozila. Od 2020. godine ta granica se smanjuje na 95 g/km. U 2019. godini prosečna emisija CO₂ iz svih novih automobila dostigla je granicu od 122,3 g/km. Iako je ovo ispod cilja EU postavljenog za period 2015-2019. godine, koji podrazumeva granicu od 130 g/km, to je znatno iznad cilja za 2021. godinu od 95 g/km, sa postepenim uvođenjem od 2020. godine. Većina proizvođača automobila postavila je svoje emisije CO₂ obavezujućim ciljevima za novoregistrovane putničke automobile u 2019. godini. Dugoročni cilj većine zemalja EU je smanjenje emisije CO₂ do 2050. godine za 50% u odnosu na emisiju iz 2006. godine (EEA, 2021).

Cilj je uvesti standarde koji će doprinijeti postizanju obaveza EU prema Pariskom sporazumu, smanjiti troškove potrošnje goriva za potrošače, te ojačati konkurentnost automobilske industrije EU i stimulisati zapošljavanje.

Propis EU postavlja ciljeve za emisiju CO₂ za celu flotu EU koji se primenjuju od 2020., 2025. i 2030. godine i uključuje mehanizam za podsticanje korišćenja vozila sa nultom i niskom emisijom. Za period 2020-2024. godine, postavljeni ciljevi emisije CO₂ su: za automobile 95 g CO₂/km i kombije 147 g CO₂/km. Počevši od 2025. i 2030. godine, propis postavlja strože ciljeve za emisiju CO₂ za celu flotu EU, koji su definisani kao

procentualno smanjenje u odnosu na početne tačke za 2021. godinu. Tako za automobile važi smanjenje od 15% od 2025. godine i 37,5% smanjenje od 2030. godine, odnosno za kombije, smanjenje od 15% od 2025. godine i 31% smanjenje od 2030. godine. Po pitanju vozila sa nultom i niskom emisijom izduvnih gasova, od 2025. godine uvodi se drugačiji sistem kreditiranja za proizvođače automobila i kombi vozila. Omogućava se smanjenje specifičnog cilja proizvodnje proizvođača ako njegov udeo novih vozila sa emisijom između 0 g i 50 g CO₂/km registrovanih u datoj godini premašuje referentne vrednosti za automobile: 15% od 2025. godine i 35% od 2030. godine, odnosno kombije 15% od 2025. godine i 30% od 2030. godine (Transportpolicy, 2022).



Slika 10. Prosečna emisija ugljen dioksida iz novih putničkih automobila (Izvor: EEA, 2021)

Istina je da emisije iz transporta čine značajan udeo u emisijama gasova staklene bašte u EU. Prema Evropskom zelenom dogovoru, cilj je smanjenje emisije gasova staklene bašte iz transporta za 90% u odnosu na nivoe iz 1990. godine kako bi se postigla klimatska neutralnost do 2050. godine. Istovremeno, cilj je i postizanje nulte zagađenosti u saobraćaju (Feng, T., Huang, Y., Zhou, B., 2022).

Standardi za emisije novih automobila uvedeni su 2009. godine kako bi se smanjila emisija CO₂ u sektoru drumskog saobraćaja, postavljajući cilj od 130 g/km emisije CO₂ za period 2015-2019. godine i 95 g/km za period 2020-2024. godine, kao i specifične ciljeve emisije CO₂ za svakog proizvođača. U 2019. godini nova Uredba postavlja nove ciljeve za 2025. i 2030. godinu, odnosno smanjenje od 15% do 2025. godine u odnosu na nivo emisije iz 2021. godine i smanjenje od 37,5% do 2030. godine (Deloitte, 2022).

Nakon stalnog pada između 2010. i 2016. godine za skoro 22 g/km emisije CO₂, prosečne emisije iz novih putničkih automobila su porasle u periodu 2017-2019. godine, dostižući 122,3 g/km u 2019. godini. Iako ovo ostaje ispod cilja za period 2015-2019. godine u iznosu od 130 g/km, to je znatno iznad cilja za period 2020-2030. godine od 95 g/km (Euronews, 2022).

Prema zakonodavstvu EU, proizvođači mogu da se grupišu i zajednički deluju kako bi ispunili standarde emisije CO₂. Grupe ili pojedinačni proizvođači odgovorni za manje od 300.000 novoregistrovanih automobila mogu imati koristi od derogacije. U 2020. godini, skoro svi proizvođači automobila — bilo pojedinačno ili kao članovi grupe — ispunili su svoje godišnje obavezujuće ciljeve. Ovo je olakšano, između ostalog, modalitetima kao što su postepeno uvođenje od 95% korišćenja super-kredita i uštede na ekološkim inovacijama. Šest pojedinačnih proizvođača (Automobili Lamborghini SPA, Bentley, McLaren, DR Motor, Jaguar Land Rover Limited i SUBARU), kao i dve grupe (Suzuki i VV-SAIC), premašili su svoje ciljeve za emisiju štetnih gasova i stoga su morali da plate premiju za višak emisija od 95 EUR po automobilu po g/km ciljanog viška. Grupa sa najnižom prosečnom emisijom CO₂ u 2020. godine bila je PSA-OPEL (88,5g CO₂/km), a za njom slede konglomerati FCA-Tesla-Honda, Kia, Renault-Nissan-Mitsubishi, Hyundai i Toyota-Mazda, sa prosečnom emisijom CO₂ između 89 i 94 g CO₂/km (Babí Almenar, J., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Navarrete Gutiérrez, T., Sonnemann, G.W., Geneletti, D., 2021).

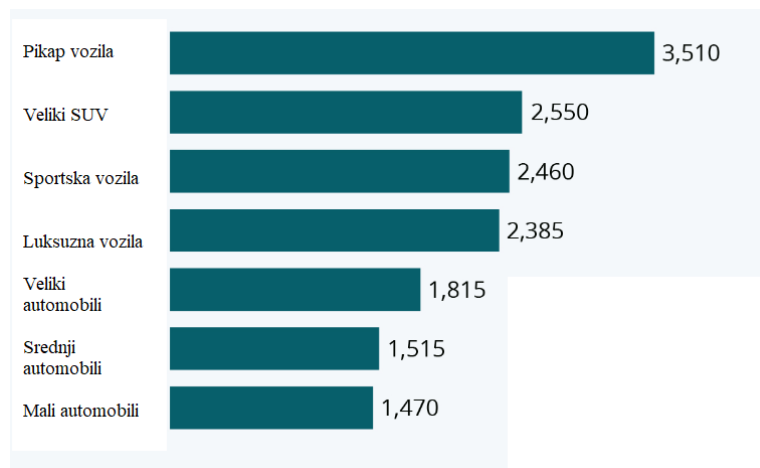
Do ostvarenja nacionalnih klimatskih ciljeva neće doći ukoliko se ne kontroliše emisija iz transporta. Automobili i kombiji moraju biti potpuno dekarbonizovani kako bi se ispunile Pariske klimatske obaveze do 2050. godine. Ovo zahteva zabranu prodaje automobila sa unutrašnjim sagorevanjem od 2035. godine (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020).

Do 2021. godine, cilj za prosečnu emisiju CO₂ iz novih putničkih automobila u EU bio je postizanje vrednosti od 95 grama CO₂ po kilometru. Taj cilj je određen kako bi se smanjile emisije vozila i promovisala energetska efikasnost. Međutim, ta brojčana vrednost se primenjuje na prosečnu emisiju flote proizvođača automobila, a ne na svaki pojedinačni model (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A., 2022).

Električna vozila (EV - Electric Vehicles), koja uključuju električna vozila na baterije (BEV - Battery Electric Vehicles) i plug-in hibridna električna vozila (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicles), postepeno prodiru na tržište EU. Došlo je do stalnog povećanja broja novih registracija električnih automobila na godišnjem nivou, sa 600 u 2010. godini na oko 1.061.000 jedinica u 2020. godini, kada su oni činili 11% novih registracija. U 2021. godini broj registracija električnih automobila je skočio, čineći skoro 18% novoregistrovanih putničkih automobila. U 2021. godini je prodato skoro 38.000 električnih kombija u EU-27, što predstavlja 3,1% tržišnog udela i povećanje za oko 1,0 procentni poen u odnosu na 2020. godinu. Većina prodatih električnih kombija bila su BEV. U 2021. godini, udeo električnih vozila (BEV i PHEV) u nacionalnim registracijama novih automobila povećan je u svim zemljama (EU-27, Island, Norveška) u poređenju sa 2020. godinom. Najveći udeli zabeleženi su u Norveškoj (86%), Islandu (64%), Švedskoj (46%) i Danskoj (35%) (Laborda,J., 2021).

4.1.2 Povećanje broja sportskih terenskih vozila i povećana prosečna masa

Postoje različiti razlozi za povećanje emisije CO₂, npr. rast učešća sportskih terenskih vozila (SUV - Suburban Utility Vehicle) u sektoru drumskog saobraćaja. Skoro 9,7 miliona novih automobila registrovano je 2021. godine u EU, a od toga su oko 49,5% bila SUV vozila. SUV vozila su obično teža od drugih automobila i imaju veće prednje površine i snažnije motore, što su sve karakteristike koje povećavaju potrošnju goriva. Većina novih registrovanih SUV vozila bila su vozila na benzin, sa prosečnom emisijom od 134 g/km, što je za oko 13 g/km emisije CO₂ više od ostalih novih automobila na benzin. Štaviše, masa novih automobila, isključujući SUV, porasla je za oko 25 kg od 2021. godine do 2022. godine (Chen, P. , 2022).



Slika 11. Prosečna godišnja emisija CO₂ (kg/god) po vrstama vozila u 2022. godini obračunata na osnovu pređenih 15.000 km (Izvor: Statista, 2023)

Reforme standarda za emisiju CO₂ za automobile, primorale bi velike i male proizvođače automobila da prodaju samo modele sa nultom emisijom od 2035. godine. Time ne bi bilo derogacije za male proizvođače luksuznih vozila koja se prodaju super bogatima - efektivno ih prisiljavajući, baš kao i proizvođače automobila na masovnom tržištu, da budu potpuno električni do isteka roka. Brojni proizvođači vrhunskih automobila već su počeli da povlače poteze. Bentley je najavio planove da nudi samo e-modele od 2030. godine, dok Aston Martin planira da uradi isto od 2026. godine. Opravdanje tome vide u činjenici da ne traže izuzeće od bilo kakvog zakona o emisiji izduvnih gasova jer nema smisla dobiti lokalno izuzeće od emisije, jer ne regionalizuju sopstvene proizvode niti koriste različite motore. Automobil koji se razvija i proizvodi ima isti pogon za ceo svet (Cvetković, A. S., Radojčić, V. , 2022).

Za razliku od svojih rivala, Lamborghini nije postavio planove da bude potpuno električni, te da će kompanija tek za četiri ili pet godina doneti konačnu odluku o svom asortimanu modela posle 2030. godine. E-goriva — napravljena od obnovljive energije i uz veliku podršku delova nemačke automobilske industrije — mogla bi da ponude budućnost za motor sa unutrašnjim sagorevanjem (Breuste,J., Pauleit,S., Haase,D., Sauerwein,D., 2021).

Ne prihvataju svi plan da se ukine derogacija za male proizvođače automobila. Nekoliko elitnih proizvođača vozila koji su nezavisni i ne mogu da usredsrede svoju flotu izduvnih gasova u velikoj porodici brendova kažu da će se boriti da ostvare privremene ciljeve smanjenja koji nastupaju 2025. i 2030. godine. Tako bi npr. rasprava o CO₂ mogla da ugasi Ferrari. Trenutna pravila EU o emisiji CO₂ automobila dozvoljavaju

proizvođačima koji prodaju manje od 10.000 jedinica godišnje da razrade sopstvene ciljeve smanjenja gasova staklene bašte. Do sada je odstupanje od malih proizvođača omogućavalo kompanijama poput Ferrarija, Lamborghinija i Bugattija da nastave da proizvode sportske automobile koji zagađuju životnu sredinu van standarda – nudeći im odustajanje od potrebe da smanje emisiju štetnih gasova za 15% u svojoj floti do 2025. godine i 37,5% do 2030. godine. Smanjenje emisija za 75% do 2030. godine u poređenju sa emisijama iz 2021. godine zahtevalo bi značajno smanjenje emisija iz transportnog sektora, uključujući i luksuzne sportske automobile. Italijanska vlada je tvrdila da bi takozvano „odstupanje proizvođača malog obima“ trebalo da ostane u konačnom zakonu o CO₂ standardima za automobile i kombije kako bi kompanije poput Ferrarija mogli da nastave da proizvode svoje zanatske sportske automobile. Ali zvanični Rim je u manjini, jer „vrlo malo“ zemalja članica želi da zadrži derogaciju za male proizvođače automobila (IEEP, 2023).

4.2 Broj putničkih vozila u EU i Srbiji (vremenska retrospektiva)

4.2.1 Broj putničkih vozila u EU

Očekuje se da prihod na tržištu putničkih automobila dostigne 413,50 milijardi USD u 2023. godini. Predviđa se da će ovi prihodi pokazati godišnju stopu rasta (CAGR - Compound Annual Growth Rate) za period od 2023. do 2027. godine od 2,26%. Na osnovu ove stope rasta, očekuje se da će obim tržišta porasti na 452,20 milijardi USD do 2027. godine. Najveći segment tržišta su sportska terenska vozila (SUV) sa projektovanim obimom tržišta od 174,10 milijardi USD u 2023. godini. Očekuje se da će prodaja jedinica na tržištu putničkih automobila dostići 15.531,63 hiljada vozila 2027. godine. Očekuje se da će prosečna ponderisana cena tržišta putničkih automobila iznositi 28,86 hiljada USD u 2023. godini. Sa udelom u prodaji jedinica vozila od 0,2% u 2023. godini, očekuje se da će BMW imati jedan od najvećih tržišnih udela u odabranom regionu. Očekuje se da će tržišni udeo marke Audi u odabranom regionu iznositi 0,3% u 2023. godini. Iz međunarodne perspektive pokazuje se da će najveći prihod biti ostvaren u SAD (553,70 milijardi USD u 2023. godini) (Acea, 2023).

Registracije putničkih automobila u EU porasle su za 12,8% na godišnjem nivou na 896.967 jedinica u decembru 2022. godine, što je peti mesec zaredom u porastu. Uprkos pozitivnom rezultatu, samo dva od četiri glavna tržišta regiona su zabeležila rast.

Najveći napredak zabeležen je u Nemačkoj (38,1%) i Italiji (21,0%). Nasuprot tome, prodaja je pala u Španiji (-14,1%), dok je Francuska ostala stabilna (-0,1%). S obzirom na celu 2022. godinu, registracije su smanjene za 4,6%, uglavnom zbog uticaja nestašice komponenti u prvoj polovini godine (Grafius, D.R., Corstanje, R., Warren, P., Evans, K.L., Hancock, S., Harris, J., 2016).

Tržište putničkih automobila u EU je doživelo smanjenje od 4,6% u 2022. godini, uglavnom zbog nestašice komponenti u prvoj polovini godine. Iako se tržište popravilo od avgusta do decembra 2022. godine, ukupni obim iznosio je 9,3 miliona jedinica, što je najniži nivo u regionu od 1993. godine, kada je registrovano 9,2 miliona jedinica. Od četiri najveća tržišta EU, samo je Nemačka ostvarila rast od 1,1% u 2022. godini, pri čemu je snažan rezultat u decembru doprineo tom rastu. Sva ostala tri tržišta su zabeležila pad u odnosu na 2021. godinu, pri čemu je Italija zabeležila najveći pad od 9,7%, a zatim Francuska (-7,8%) i Španija (-5,4%) (Chen, P., 2022).

4.2.1.1 Veličina flote

Vozni park putničkih automobila u EU je porastao za 1,2% u 2022. godini u odnosu na 2021. godinu. Ukupno je bilo 405,3 miliona automobila na putu. Ovi podaci pokazuju da je broj putničkih vozila u EU blago povećan u toj godini. Najveći rast zabeležen je u Rumuniji (+5,4%) i Slovačkoj (+5,1%), dok je francuski vozni park blago smanjen (-0,3%) (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020).

Skoro 38 miliona kombija je u prometu širom EU, od kojih se polovina može naći u tri zemlje: Francuskoj (8,9 miliona kombija), Italiji (8,3 miliona) i Španiji (7,9 miliona).

Na putevima EU se nalazi više od 6,2 miliona srednjih i teških komercijalnih vozila, što predstavlja povećanje od 1,7% u odnosu na 2021. godinu. Izdvojeno je da Poljska ima najveći vozni park kamiona od oko 1,2 miliona, što je znatno više u odnosu na druge zemlje EU (Feng, T., Huang, Y., Zhou, B., 2022).

U Evropskoj uniji je u prometu 684.285 autobusa, od kojih se skoro polovina može naći samo u tri zemlje: Poljskoj (124.526), Italiji (99.883) i Francuskoj (93.506) (Statista, 2023).

4.2.1.2 Prosečna starost

Automobili iz EU sada su u proseku stari 11,8 godina. Najstariji vozni park imaju Litvanija i Rumunija, sa vozilima starim skoro 17 godina. Najnoviji putnički automobili se mogu naći u Luksemburgu (6,7 godina) (Statista, 2023).

Prosečna starost lakih komercijalnih vozila u EU je 11,9 godina. Od četiri glavna tržišta EU, Italija ima najstariju flotu kombi vozila (13,8 godina), a odmah iza nje je Španija (13,3 godine).

Kamioni su u EU u proseku stari 13,9 godina. Sa prosečnom starošću od 21,4 godine, Grčka ima najstariji vozni park kamiona, dok se najnoviji vozni park može naći u Luksemburgu (6,7 godina) i Austriji (7 godina).

Autobusi na putevima EU u proseku su stari 12,8 godina. Sa starošću više od 19 godina, grčki autobusi su najstariji u regionu. Samo šest zemalja u EU ima autobuski vozni park koji je star manje od 10 godina.

4.2.1.3 Tip goriva

Uprkos snažnom porastu prodaje zabeleženom poslednjih godina, putnički automobili sa alternativnim pogonom i dalje čine samo 5,3% ukupnog voznog parka EU. Električni automobili na baterije i plug-in hibridni automobili čine samo 0,5% i 0,6% voznog parka, dok su 1,2% svih automobila na putevima u EU hibridni električni automobili (Statista, 2023).

Laka komercijalna vozila sa dizel motorom i dalje su dominantna u svim zemljama EU osim u Grčkoj: 91,2% flote kombija u EU radi na dizel gorivo, a samo 0,4% kombija u EU je električno na baterije. U Evropskoj uniji 96,3% svih kamiona koristi dizel, dok benzin koristi manje od 1% voznog parka. Na putevima EU 0,24% kamiona ima pogonski sklop sa nultom emisijom, u odnosu na 0,04% u 2019. godini.

Dizel autobusi čine 93,5% voznog parka EU, sa samo 0,9% autobusa na električne baterije i 1,4% hibridnih električnih autobusa. Međutim, značajan udeo električnih autobusa može se naći u Holandiji (12,4%) i Luksemburgu (6,6%).

4.2.1.4 Stope motorizacije

Evropska unija broji 560 putničkih automobila i 81 komercijalno vozilo na 1.000 stanovnika. Luksemburg ima najveću gustinu automobila u EU (696 na 1.000 stanovnika), a sledi Italija (666). Nasuprot tome, najmanja gustina i za automobile (353) i za komercijalna vozila (40) može se naći u Letoniji (Statista, 2023).

U Letoniji skoro 43% svih domaćinstava ne poseduje automobil, dok skoro 32% francuskih porodica ima dva putnička automobila.

4.2.2 Broj putničkih vozila u Srbiji

Broj registrovanih automobila u Srbiji u periodu od 2008. do 2021. godine je u porastu. U 2008. godini, broj registrovanih automobila iznosio je 1.486.174, dok je u 2021. godini taj broj porastao na 2.235.794 što je povećanje od 70.976 vozila u odnosu na prethodnu godinu. Važno je napomenuti da privatni automobili, motocikli, kamioni i teška vozila predstavljaju glavne faktore koji doprinose pogoršanju kvaliteta vazduha u urbanim sredinama u Srbiji. Stopa rasta je najveća kod automobila, sa impresivnih 39,1%. Takođe, broj prvih registrovanih motocikala, putničkih automobila, autobusa i ostalih vozila takođe je zabeležio rast u 2021. godini. Prema dostupnim podacima, najpopularnija vozila u Srbiji su nosivosti do 999 kg, dok se najveći broj vozila koristi dizel kao gorivo. Takođe, kod novijih putničkih automobila, dominantna su vozila sa zapreminom motora od 1.399 cm³. Međutim, dostupnost vozila sa benzinom kao pogonskim gorivom je veća od onih sa dizelom. Takođe, broj proizvedenih vozila opao je za 10,4% u broju registrovanih mopeda (Zavodzastatistiku, 2022).

Nabavkom novih automobila smanjila bi se emisija CO₂, što bi bilo najpovoljnije rešenje kod zadovoljenja potreba tržišta za automobilima. U 2010. godini nabavljeno je oko 56% novih automobila od potrebe za prosečnim povećanjem broja putničkih automobila od 52.109. U 2021. godini taj broj iznosio je 167.703 jedinica.

Najviše novih automobila je nabavljeno u Beogradu, oko 60%, pa je i odnos između polovnih i novih automobila najmanji u Beogradu (4% za 2012. godinu). U centralnoj Srbiji i Vojvodini nabavljeno je oko 19% novih automobila, tako da je nešto veći odnos između polovnih i novih putničkih automobila (za 2012. godinu je iznosio između 24,8% i 26,8%) (Mijailović, R., 2011).

Broj putničkih automobila je različit u pojedinim regionima Republike Srbije, tako da je i različit procenat zagađenja koji potiče od putničkih automobila. Odnos između broja putničkih automobila i površine regiona je najnepovoljniji za grad Beograd (178 automobila/m² za 2021. godinu). U ostalim područjima Republike Srbije odnos putničkih automobila i površine regiona je manji. Na osnovu ovoga se može doneti zaključak da zagađenje koje potiče iz putničkih automobila predstavlja značajan problem grada Beograda.

Starost putničkih automobila u Srbiji iznosi od 16 do 17. godina i nešto je veća od starosti putničkih automobila u ostalim evropskim državama. „Ukoliko se ne vodi računa

o održavanju putničkih automobila tokom njihove eksploatacije povećava se količina emisije CO₂“ (Mijailović, R., 2011).

4.3 Zagađenje od strane putničkih vozila u gradovima

Zagađenje od strane putničkih vozila u gradovima je unošenje štetnih materija u životnu sredinu izazvanih motornim vozilima. Ovi materijali, poznati kao zagađivači, imaju nekoliko loših efekata na ljudsko zdravlje i ekosistem. Saobraćaj je glavni izvor zagađenja vazduha u mnogim zemljama širom sveta zbog velikog broja vozila koja su danas dostupna na putevima (Kuoppamäki, K., Setälä, H., Rantalainen, A.L., Kotze, J., 2014). Povećanje kupovne moći znači da sada više ljudi može sebi priuštiti automobile, a to je loše za životnu sredinu. Zagađenje vozilima je poraslo alarmantnom brzinom zbog rastuće urbanizacije. Zagađenje vazduha od vozila u urbanim sredinama, posebno u velikim gradovima, postalo je ozbiljan problem. Zagađenje iz vozila počelo je da se manifestuje kroz simptome kao što su kašalj, glavobolja, mučnina, iritacija očiju, razni bronhijalni problemi i problemi sa vidljivošću (Alkier, R., Milošević, V., Roblek, V., 2022).

U brzorastućim metropolitanskim regionima i zemljama u razvoju, sve više ljudi poseduje i koristi privatna motorna vozila – poput automobila i motocikala – za kretanje. Kao rezultat toga, gradski transport sve više doprinosi zagađenju vazduha (Bouregaa, T., 2022).

Urbana mobilnost ubrzano postaje jedan od najvećih izazova kako za razvijene zemlje, tako i zemlje u razvoju. Procenjuje se da je transport odgovoran za skoro četvrtinu globalnog CO₂ koji se odnosi na energiju (Croxford, B., Penn, A., Hillier, B., 1996). Takođe postoji sve veća zabrinutost zbog njegovog uticaja na kvalitet urbanog života, uključujući društvene nejednakosti i zbog efekata zagađenja na zdravlje. Ukupna potražnja za transportnom aktivnošću (putničkom i teretnom) brzo raste i predviđa se da će se otprilike udvostručiti između 2005. i 2050. godine. Globalni vozni park će se povećati tri do četiri puta u narednih nekoliko decenija, a većinom će se ovaj rast dogoditi u zemljama u razvoju. Očekuje se da će 2050. godine dve trećine globalnog voznog parka biti u zemljama koje nisu članice OECD-a. Istovremeno, tehnološka poboljšanja kao što su vozila sa ekonomičnom potrošnjom goriva i alternativni izvori energije nisu se razvila dovoljno brzo da se nose sa posledicama ovog rasta (Kleinaltenkamp, M., Corsaro, D., Sebastiani, R., 2018).

Sva motorna vozila ispuštaju zagađivače u vazduh, uglavnom kroz izduvne gasove koji izlaze iz izduvne cevi motora. Čak više od 99,4% svih zagađujućih gasova je nevidljivo, automobil ispušta emisije čak i dok miruje, kada isparenja iz benzina i maziva odlaze u vazduh (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021).

Uočeni su određeni problemi koji imaju uticaja na emisiju CO₂, a koji potiču od putničkih automobila i čijim rešavanjem se može smanjiti ukupna emisija (Alizadeh, B., Hitchmough, J. , 2019):

- postoji tendencija za povećanjem broja automobila voznog parka na srpskom tržištu,
- dvotaktni motori,
- loš kvalitet goriva,
- tokom poslednjih godina, primećuje se trend smanjenja procentualnog učešća novih automobila u ukupnom broju putničkih automobila,
- postoji razlika u zagađenju koje potiče od putničkih automobila po regionima zbog njihovog neravnomernog raspoređivanja,
- zagušeni saobraćaj,
- loši uslovi na putevima,
- u poslednje vreme, trend je da broj polovnih prvoregistrovanih automobila iz uvoza bude veći od broja novih putničkih automobila,
- stare automobilske tehnologije i sistem upravljanja saobraćajem,
- zastarela vozila,
- neadekvatno održavanje,
- u Srbiji je starost putničkih automobila u proseku mnogo veća u poređenju sa većinom evropskih država,
- u Srbiji se ne vodi mnogo računa o održavanju putničkih automobila.

Drumski saobraćaj doprinosi zagađenju vazduha kroz niz mehanizama, uključujući (Bigazzi,A., Figliozi,M. , 2014):

- emisije čestica i gasova u izduvnim gasovima motora,
- sekundarni zagađivači vazduha nastali iz primarnih emisija,
- emisije bez izduvnih gasova uključujući habanje kočnica, guma i površine puta i resuspendovanu prašinu.

Za razliku od izduvnih gasova, emisije koje nisu izduvni (ne-izduvni) gasovi trenutno ne podležu zakonskoj kontroli. Međutim, sa novim Euro 7 standardom, emisije čestica koje nisu izduvni gasovi dolaze u fokus po prvi put. Shodno tome, najranije od januara 2025. godine, strogi zahtevi će važiti i za habanje kočnica i guma na svim novoregistrovanim putničkim automobilima (EC, 2020).

4.3.1 Vozila koja emituju visoke koncentracije izduvnih gasova

Vozilo je kategorisano kao vozilo koje emituje visoke koncentracije izduvnih gasova ako je najmanje jednom bilo među prvih 2% vozila sa najvećim zagađivanjem i najmanje dva puta među prvih 20% vozila sa najvećim zagađivanjem. Emisije iz vozila mogu da variraju i primena skupa različitih kriterijuma za kategorizaciju visokih emitera obezbeđuje da vozila ne budu lažno identifikovana kao emiteri sa visokim emisijama na osnovu pojedinačnog događaja visokih emisija iz vozila koje normalno funkcioniše. Koristeći ovu metodu, samo 3,7-5,3% vozila je identifikovano kao visoki emiteri, u zavisnosti od zagađivača. Utvrđeno je da su ova vozila odgovorna za 17,8-41,0% ukupnog zagađenja od saobraćaja (Francés, R.S., Valle, S.G., Rueda, N.G., Lucchitta, B. Croci, E. , 2021).

Iako su vozila odobrena da ispunjavaju standarde o emisiji pre ulaska na tržište, njihova emisija će se pogoršati ili čak eskalirati kako se kilometraža akumulira. Svako vozilo u upotrebi ima različit intenzitet rada, ponašanje vozača u vožnji i nivoe održavanja. Neka vozila mogu čak biti modifikovana da bi se poboljšale performanse snage ili smanjili operativni troškovi, kao što je uklanjanje trosmernih katalizatora (TVC - Three-way Catalyst) ili sistema za recirkulaciju izduvnih gasova. Svi ovi faktori utiču na performanse emisija vozila u upotrebi. Stoga će jedan deo ukupnog voznog parka, posebno vozila sa velikom kilometražom, emitovati znatno veće emisije od standardnih ograničenja i time doprineti nesrazmerno velikom procentu ukupnih emisija. Kvalitet urbanog vazduha može se efikasno poboljšati ako se ova vozila sa visokim emisijama brzo identifikuju za popravku ili deregistraciju kako bi se smanjio izvor zagađivača vozila. Intuitivno, ciljanje na tako mali deo velikih emitera je veoma isplativ metod za kontrolu emisija vozila, koji značajno smanjuje troškove i vreme i za vlasti i za vlasnike vozila u poređenju sa drugim metodama kao što su pasivno uzorkovanje ili periodične inspekcije. Takođe može pomoći vlasnicima vozila da otkriju prevremeni kvar komponenti njihovih vozila povezanih sa emisijom radi ranog otklanjanja kako bi se

sprečili veliki kvarovi i visoke emisije. Pored toga, takav skrining ima potencijal da identifikuje vozila sa uređajima za prikrivanje koji im pomažu da prođu laboratorijske testove, ali emituju mnogo veće emisije u stvarnoj vožnji. Kontrola emisija vozila u upotrebi je kritična u rešavanju problema zagađenja vazduha u gradovima i poslednjih godina dobija pažnju širom sveta (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

Deo problema zagađenja u gradovima je uzrokovan tehnički neispravnim vozilima. Ova vozila cirkulišu među nama emitujući veoma velike količine zagađujućih materija praktično bez ikakve kontrole. Razne studije su identifikovale da vozila sa visokim emitovanjem čine samo oko 3-5% cirkulacione flote dok su odgovorna za oko 20% i 60% ukupnih emisija NO_x i PM_{2,5}, respektivno. To znači da bi bilo moguće smanjiti do 60% zagađenja u drumskom saobraćaju identifikacijom samo 5% najgorih zagađivača i preduzimanjem korektivnih mera na njima. Ovo bi takođe bila politika minimalnog uticaja, jer bi se kvalitet vazduha mogao poboljšati politikom sankcionisanja. Periodične tehničke inspekcije (PTI - Periodic Technical Inspections) u Evropi trenutno ne mogu da vrše identifikaciju ovih vozila. Ovo je iz razloga što se emisije zagađujućih materija iz motornih vozila uglavnom proizvode kada je motor vozila pod opterećenjem. Takođe, mere se samo emisije CO ili neprozirnost i testiraju se sa motorom u stanju mirovanja, tako da emisije u ovom stanju možda nisu realne. Sa druge strane, NO_x je jedan od najzabrinjavajućih zagađivača u gradovima, uglavnom se proizvodi drumskim transportom, ali se ne kontroliše u PTI, jer se može proceniti samo kada je vozilo pod opterećenjem (Feng, T., Huang, Y., Zhou, B., 2022).

4.3.2 Sekundarni zagađivači

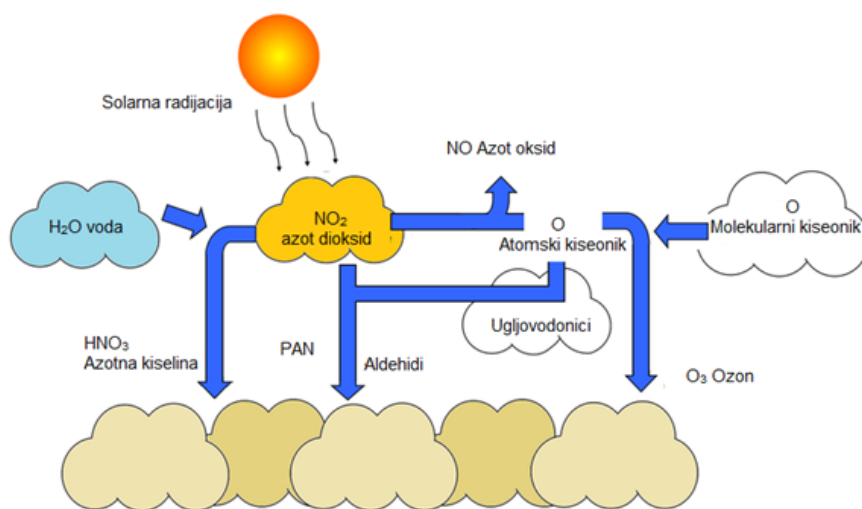
Sekundarni zagađivači su zagađivači koji se formiraju u atmosferi. Ovi zagađivači se ne emituju direktno iz izvora (kao što su vozila ili elektrane). Umesto toga, oni se formiraju kao rezultat zagađivača koji se emituju iz ovih izvora koji reaguju sa molekulima u atmosferi i formiraju novi zagađivač. Primarni zagađivači se ne odnose na materije koje se emituju u životnu sredinu, već na izvore tih emisija. Primarni zagađivači su izvori direktnih emisija zagađujućih materija, kao što su industrijski dimnjaci, automobili, elektrane i slično (Sharma, P., Ghosh, A., Patra, P. , 2022).

Sekundarni zagađivači su zabrinjavajući jer se mogu formirati iz mnoštva različitih jedinjenja. Fenomen fotohemijskog smoga (vidi se u gradovima velike gustine) je rezultat interakcije primarnih zagađivača sa drugim molekulima u vazduhu, kao što su

molekularni kiseonik, voda i ugljovodonici. Oni se kombinuju i formiraju žute oblake koji su štetni za ljude. Fotohemijski smog se sastoji od različitih sekundarnih zagađivača kao što su ozon, peroksiacetil nitrati (PAN) i azotna kiselina (Klimas, E., Lideika, M. , 2018).

Različite vrste sekundarnih zagađivača uključuju (Alnajjar, H.Y.H., Üçüncü, O. , 2023):

- ozon (O_3),
- sumporna kiselina i azotna kiselina (komponenta kiselih kiša),
- čestice,
- azot dioksid (NO_2),
- peroksiacetil nitrati (PAN).



Slika 12. Fotohemijski smog (Izvor: Chen, W.Y., 2017)

Ove supstance se u suštini „kuvaju“ u atmosferi i obično se nalaze niz vetar od primarnih emisija, zbog vremena koje je potrebno za njihovu proizvodnju. Kada se primarni zagađivači ne mogu raspršiti zbog inverzivnih slojeva u atmosferi, smog se formira na području gde su proizvedeni. Zbog toga je smog toliko izražen u gradovima sa toplom, gustom atmosferom. Sekundarni zagađivači su veoma osetljivi na vremenske prilike.

4.3.3 Relevantnost emisija bez izduvnih gasova

Emisije PM čestica iz motornih vozila potiču iz dva glavna izvora: sagorevanja fosilnog goriva koje se emituje kroz izduvne cevi i iz procesa bez izduvnih (ne-izduvnih)

gasova, uključujući degradaciju delova vozila, površine puta i resuspendovanje prašine sa puta. Emisije čestica u vazduhu koje nastaju ovim procesima su definisane kao emisije PM čestica koje nisu izduvne. U naučnoj literaturi postoji konsenzus da su emisije bez izduvnih gasova sve važniji izvor PM iz drumskog saobraćaja i da izloženost PM može imati značajne negativne efekte na zdravlje ljudi (Ives, M., 2013).

Emisije bez izduvnih gasova se sastoje od habanja kočnica, habanja guma, habanja na putu i resuspenzije prašine sa puta. Na emisije habanja kočnica mogu uticati težina vozila, brzina usporavanja, sastav kočionih diskova i pločica, temperatura motora, brzina klizanja i kontaktni pritisak. Na habanje guma i puta utiče i sastav guma i površina puta. Emisije od resuspendovanja putne prašine zavise od brzine, veličine i oblika vozila, poroznosti i količine prašine na površini puta, kao i od vremenskih uslova. Ostaje značajna neizvesnost u pogledu količine PM koju emituju izvori bez izduvnih gasova u stvarnim uslovima vožnje i kako ova količina varira sa promenama u faktorima koji su gore identifikovani (Mendes de Alencar Filho, F., Monteiro de Abreu, L., 2007).

Iako je teško biti precizan o ukupnom doprinosu emisija ne-izduvnih gasova PM u ambijentu, trenutni dokazi pokazuju da PM iz ne-izduvnih izvora čine rastući udeo emisija PM iz drumskog transporta. Kako globalna flota vozila postaje novija i količina PM iz izduvnih gasova nastavlja da opada, očekuje se da će velika većina PM iz drumskog transporta dolaziti od ne-izduvnih emisija u narednim godinama. U svetlu tekuće elektrifikacije putničkog drumskog saobraćaja, moguće je dati procene očekivanih promena emisija ne-izduvnih gasova usled prelaska sa vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem (ICEV - Internal Combustion Engine Vehicles) na električna vozila. U tom cilju, upoređuju se faktori emisije ne-izduvnih gasova novih EV sa onima novih ICEV. Uz pretpostavku laganih EV (tj. sa baterijama koje omogućavaju domet vožnje od oko 100 milja), EV emituju procenjeno 11-13% manje ne-izduvnih PM_{2,5} i 18-19% manje PM₁₀ od ICEV. Pod pretpostavkom da su EV modeli teži (sa baterijama koje omogućavaju domet vožnje od 300 milja ili više), to oni smanjuju PM₁₀ za samo 4-7% i povećavaju PM_{2,5} za 3-8% u odnosu na konvencionalna vozila. Ova smanjenja bi mogla dovesti do veoma marginalnog smanjenja ukupnih emisija PM iz drumskog saobraćaja u narednim godinama. U određenim scenarijima u kojima električna vozila čine 4% i 8% zaliha vozila 2030. godine, njihova upotreba smanjuje emisije PM za 0,3-0,8% u odnosu na trenutne nivoe. Na globalnom nivou, očekuje se da će PM ne-izduvnih gasova

(kombinovano $PM_{2,5}$ i PM_{10}) značajno porasti zajedno sa potražnjom za putovanjima, povećavajući se za 53,5% u 2030. godini u odnosu na 2017. godinu pod pretpostavkom da će upotreba električnih vozila iznositi 4%. Udvostručenje potrošnje električnih vozila ima vrlo marginalan uticaj, što dovodi do rasta emisija ne-izduvnih gasova od 52,4% do 2030. godine (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

4.4 Primeri zagađenja urbanih ekosistema putničkim saobraćajem u svetu

4.4.1 Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Delhi, Indija

Kao glavni grad Indije, Delhi je podložan visokom nivou zagađenja tokom cele godine. Nivoi finih i grubih čestica, poznatih kao $PM_{2,5}$ i PM_{10} , često preovlađuju u vazduhu, kao i drugi oblici zagađivača i toksičnih hemikalija koje pronalaze svoj put u atmosferu, svaki sa svojim sopstvenim štetnim uticajima na zdravlje ljudi. Procenjuje se da 30,2 miliona ljudi živi u Delhiju od 2020. godine i da svi žive na relativno maloj površini od 1.484 km², što daje izuzetno veliku gustinu naseljenosti. Godine 2021. rangiran je sa očitavanjem $PM_{2,5}$ od 108,6 µg/m³, što ga kategorise u „nezdravu“ urbanu sredinu indeksa kvaliteta vazduha (AQI - Air Quality Index), koji zahteva očitavanje $PM_{2,5}$ između 55,5 i 150,4 µg/m³. Da bi grad u proseku tokom cele godine bio u rangi nezdavih, treba da postoje značajne opasnosti po zdravlje od kvaliteta vazduha. Nivoi zagađenja na terenu moraju biti izuzetno visoki da bi se održao takav prosek, a dobro je poznato da se Delhi bori sa porastom stanovništva, pri čemu mnoge „urbane bolesti“ postaju sve očiglednije kako se grad bori da održi korak sa širenjem stanovništva. Ovo bi stavilo grad pod ogroman pritisak da poboljša svoju stambenu i komercijalnu infrastrukturu. Kao takav, rezultat ovoga bi bilo povećanje rasta u skoro svim industrijama i povezano povećanje zagađenja koje je u direktnoj korelaciji sa industrijskim i ekonomskim rastom. Više građana znači više automobila na putu, kao i više autobusa i kamiona za prevoz robe i ljudi. Emisije iz vozila koja ih proizvode, bi bile izuzetno velikog obima, sa procenjenim 12,2 miliona registrovanih motornih vozila na putevima od 2018. godine, što predstavlja povećanje od oko 33% od 2015. godine. Ovo značajno povećanje igra veoma važnu ulogu u predstavljanju Delhija kao grada sa nekim od najgorih kvaliteta vazduha na svetu. Ovaj izraz kao jedan od najzagađenijih gradova na svetu važi kada se posmatraju očitavanja podataka $PM_{2,5}$ snimljenih tokom 2021. godine. Bio je drugi najzagađeniji grad u celoj Indiji, odmah iza Gaziabada, pokazujući

brojke koje daju izuzetno visok nivo od 120,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Štaviše, Delhi zauzima 5. mesto od svih gradova širom sveta. Ovo pozicioniranje, zajedno sa svojim rejtingom iz 2021. godine koji spada u kategoriju „nezdravo“, kao i sa tri meseca u godini koja se penju u kategoriju više u „vrlo nezdravo“, ukazuje na to da Delhi pati od izuzetno visokog nivoa zagađenja, kao jedan od svetskih lidera u lošem kvalitetu vazduha sa izuzetno visokim količinama $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} i drugih štetnih hemikalija i dima koji prožima atmosferu (IQair, 2023).

Glavni uzroci zagađenja u Delhiju su brojni, a svaki aspekt može sam po sebi da garantuje značajan esej. Za početak navodeći neke, jedan od glavnih krivaca je naravno emisija iz vozila. Sa tako ogromnim brojem vozila prisutnih u gradu, od kojih mnogi imaju motore sumnjivog kvaliteta (posebno se odnosi na stare kamione i autobuse), oni bi izbacivali izuzetno velike količine dima i izmaglice, oblažući grad sa čađi. Takođe, tu je i crni ugljenik, oblik ugljenika koji je veoma štetan za sva živa bića, uzrokovan nepravilnim sagorevanjem fosilnih goriva i različitih oblika organske materije, kao što su otpad od hrane i zapaljeno šumsko/poljoprivredno zemljište. Kao što je ranije pomenuto, promena godišnjih doba je takođe doprinela pogoršanju kvaliteta vazduha, pri čemu je zimsko zagađenje vazduha posebno ozbiljno u prirodi jer farmeri u okolnim regionima spaljuju ostatke biljne materije ili strništa, kako bi očistili zemljište nakon septembarske žetve. Ovo se poklapa sa vremenskim promenama kao što su pad brzine vetra, kao i smanjenje kiše koja bi u idealnom slučaju trebalo da pomogne u uklanjanju zagađenja, ali zbog njihovog odsustva smog ostaje u atmosferi bez ičega što bi pomoglo u čišćenju. Što se tiče topografije, Delhi je u izrazito nepovoljnom položaju zbog svoje lokacije i načina na koji vetar i njegov pravac direktno utiču na akumulaciju zagađenja u vazduhu. Poznato je da vetrovi koji duvaju u Delhiju mogu sa sobom doneti velike količine dima i izmaglice iz drugih delova regiona, a kada nastupi zima ovi vetrovi često prestaju, ostavljajući akumulirano zagađenje zarobljeno u atmosferi Delhija. Štaviše, kako temperatura vazduha pada tokom zimskih meseci, zagađivači u vazduhu se spuštaju na nadmorsku visinu, što dovodi do mešanja zagađivača, formirajući prethodno pomenutu izmaglicu koja prekriva grad. Ovo igra veću ulogu u nivoima zagađenja nego što se može zamisliti, sa procenom iz 2021. godine prema kojoj je prašina koju su uneli vetrovi činila približno 21,5% ukupnog zagađenja u Delhiju. Ponovno razmatranje pitanja zagađenja izazvanog automobilima, sa preko 12 miliona vozila na putu, samim obimom dima i $\text{PM}_{2,5}$

koje ispuštaju ovi automobili, autobusi i kamioni, bilo bi dovoljno da ga pozicionira kao najveći uzrok visokog nivoa zagađenja u Delhiju, pri čemu se procenjuje da vozila čine 41% ukupnog zagađenja u prestonici. Iako postoji mnogo više uzroka zagađenja i smoga koje treba precizirati, glavni o kome treba razgovarati je industrijski sektor, sa velikim brojem fabrika i proizvodnih pogona različitih vrsta razasutih po celom gradu i oni bi takođe igrali značajnu ulogu u pogledu ispuštanja dima u atmosferu. U stvari, tokom perioda vanrednih situacija izazvanih zagađenjem, poznato je da se fabrike goriva i uglja zatvaraju kao drastična mera da se zaustavi katastrofalni porast nivoa zagađenja. Procenjuje se da 18,6% ukupnog zagađenja vazduha u Delhiju dolazi iz industrijskog sektora, pri čemu je od nekoliko stotina do preko hiljadu tona zagađivača ispuštenih u atmosferu tokom godine samo iz fabrika. Nije iznenađenje da su očitavanja $PM_{2,5}$ zabeležena u porastu do $833,2 \mu g/m^3$, što je za 80 puta više od preporučenog godišnjeg nivoa SZO (AQICN, 2023).

Samo u 2020. godini, zagađenje vazduha u Indiji je povezano sa smrću 1,24 miliona ljudi, sa 54% smrtnih slučajeva uzrokovanih zagađenjem ambijentalnog vazduha i 46% smrtnih slučajeva uzrokovanih zagađenjem iz domaćinstava korišćenjem čvrstih goriva (npr. za spremanje hrane). Procenjuje se da su smrtni slučajevi zbog zagađenja vazduha činili 12,5% svih smrtnih slučajeva zabeleženih te godine. Fokusirajući se na Delhi poslednjih godina i zdravstvene efekte koje bi udisanje tako veoma zagađenog vazduha moglo da izazove, može se ispitati uticaj $PM_{2,5}$ i PM_{10} na zdravlje ljudi, zbog dugoročnih i kratkoročnih efekata. Čestice prečnika 10 ili manje mikrona (PM_{10}) mogu pronaći put do respiratornih puteva ljudi, izazivajući iritaciju i infekcije u očima, nosu i grlu, kao i u plućima ako se čestice udišu dovoljno duboko tokom dužeg perioda vremena. Čestice $PM_{2,5}$ su daleko smrtonosnije po prirodi, sa svojom vrlo malom veličinom koja im daje mogućnost da prodru u duboka tkiva pluća, a zatim dalje u krvotok. Ovo može izazvati razne probleme respiratornog i cirkulatornog sistema. Hronična opstruktivna plućna bolest (HOBP) je vrlo realna mogućnost kada se udiše vazduh tako lošeg kvaliteta, sa bolestima kao što su emfizem i hronični bronhitis koji potpadaju pod termin HOBP, jer se koristi za opisivanje širokog spektra plućnih i respiratornih bolesti. Kardijalni problemi i različita srčana oboljenja su takođe mogući kada su ljudi izloženi vazduhu Delhija, pri čemu su i mladi i stariji, kao i oni sa kompromitovanim imunološkim sistemom posebno ugroženi, iako je važno napomenuti da kada nivoi $PM_{2,5}$ u vazduhu

pređu u nezdravu kategoriju (kao što je slučaj nekoliko puta tokom godine u Delhiju), rizik počinje da se odnosi na sve, pa čak i oni bez ikakvih postojećih uslova ili predispozicija za dobijanje bolesti mogu se naći u novim uslovima ako se nastavi sa stalnim izlaganjem tokom dovoljno dugog vremenskog perioda. Takođe, rak pluća je još jedna mogućnost. Sa takvim brojem bolesti i zdravstvenih stanja dostupnih udisanjem prekomerno zagađenog vazduha, pojedinci koji žive ili se zateku na putu kroz takve lokacije mogu preduzeti preventivne mere pozivajući se na mape kvaliteta vazduha, kao što su one koje se nalaze na veb stranici IKAir-a i imaju realno vreme ažuriranja dostupna u pokretu preko aplikacije AirVisual, kao i preduzimanje dodatnog koraka na liniji odbrane tako što imaju pristup maskama visokog kvaliteta za filtriranje PM_{2,5} čestica, koje su dostupne na licu mesta (EWS, 2023).

4.4.2 Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Daku, Bangladeš

Daka je glavni grad Bangladeša. On je po veličini ne samo najveći grad u zemlji, već i deveti u svetu. Takođe se nalazi na 6. mestu najnaseljenijih gradova u svetu, sa nešto manje od 9 miliona ljudi koji žive u granicama grada. Zbog ovih razloga, kao i zbog toga što je ekonomsko središte cele zemlje, Daka je podložna nekim prilično lošim godišnjim nivoima zagađenja (sa samo kratkim periodima predaha), koji uprkos tome što su niži, još uvek imaju relativno visok broj očitavanja zagađenja, što čini vazduh štetnim za disanje tokom cele godine. U 2021. godini, Daka je sa očitavanjem PM_{2,5} od 96,3 µg/m³ kao godišnjim prosekom, svrstan u „nezdravu“ kategoriju kvaliteta vazduha (zahtevi očitavanja PM_{2,5} su između 55,5 i 150,4 µg/m³) i klasifikovan je kao nezdrav. Osim što je samo klasifikacija, ova ocena je naravno indikativna da je kvalitet vazduha zaista nezdrav za disanje, sa brojevima koji su znatno iznad godišnjeg proseka, kao što je januar koji dolazi sa rekordnih 181,8 µg/m³, što grad kategoriše u „vrlo nezdravu“ sredinu (150,5 do 250,4 µg/m³). Ovo godišnje prosečno očitavanje 96,3 µg/m³ bilo je dovoljno da Daku stavi na 1. mesto od svih gradova u Bangladešu (treba napomenuti da je jedini grad registrovan za nivo zagađenja u zemlji bio Daka) kao i da je 21. najzagađeniji grad u svetu u 2021. godini, zbog čega je nivo zagađenja vazduha u Daki prilično ozbiljan i na veliku štetu njenim građanima (IQair, 2023).

Daka se suočava sa problemima zagađenja sa više strana, pošto je veoma naseljen grad, podložan je efektima zagađivanja vazduha zbog masovne upotrebe automobila, motocikala i kamiona, od kojih mnogi ne podležu strogim propisima u pogledu starosti

ili kvaliteta njihovih motora ili goriva na koja rade. Kao rezultat toga, mnoga od ovih vozila cirkulišu putevima emitujući daleko više zagađenja nego što bi to uradila ispravna vozila, često radeći na fosilna goriva kao što je dizel, koji ispušta veće nivoe zagađivača u vazduh od ostalih čistijih goriva. Tu je i industrijska strana grada, koja doprinosi stalno rastućem nivou zagađenja. Fabrike ili proizvodne lokacije kao što su ciglane su odgovorne za masovno povišen nivo zagađenja. Zbog ekonomskog buma i naknadnog povećanja potražnje, poznato je da peći u Daki proizvode milijarde cigli svake godine, često se oslanjajući na neregulisane izvore goriva za energiju (kao što je sagorevanje uglja, drveta i bilo kog drugog zapaljivog materijala) koji može da ispusti prekomerne količine štetnih isparenja i dima u atmosferu. Pored ova dva problema, postoje problemi u vezi sa velikom koncentracijom prašine koja se stvara u gradu, donekle sličnom visoko zagađenom gradu Delhiju u Indiji, kao i otvorenim mestima za spaljivanje otpada koji sadrži organske materije, kao i toksične materijale kao što je plastika i guma (EWS, 2023).

Sa velikom količinom zagađenja koja dolazi od vozila, industrije i gradilišta, Daka je izložena nekim izuzetno opasnim zagađivačima koji se nalaze u njenoj atmosferi. Materijali kao što su crni ugljenik i isparljiva organska jedinjenja oslobađaju se u velikim količinama upotrebom fosilnih goriva kao što su dizel i ugalj, prisutnih u vozilima i fabrikama, kao i nastalim iz gore pomenutih otvorenih izvora sagorevanja (sa nepotpunim sagorevanjem materijali kao što je drvo često dovode do stvaranja velikih količina crnog ugljenika, često u obliku čađi). Hemijska jedinjenja kao što su azot dioksid (NO_2) i sumpor dioksid (SO_2) takođe bi bila u izobilju u atmosferi, ponovo se produkujući i iz automobila i iz fabrika. Ciglane bi proizvele ogromne količine sopstvenog dima i magle, koje bi sadržale druga jedinjenja kao što su ugljen monoksid (CO) i ozon (O_3). Velike količine prašine koju ispuštaju loše održavana gradilišta bi sadržavale razne $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} , kao što je silicijumska prašina, ili sitno mlevene čestice zemlje ili šljunka, što sve može izazvati brojne dugoročne zdravstvene disajne posledice (AQICN, 2023).

Kao što je već pomenuto, nivoi zagađenja počinju da pokazuju značajan porast u oktobru mesecu, koji se poklapa sa završetkom sezone monsuna i zbog toga nedostaje neophodna kiša koja je uvek od pomoći u čišćenju vazduha u gradu i pranju sitnih čestica prašine. U septembru 2021. godine je zabeleženo očitavanje $\text{PM}_{2,5}$ od $44,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Očitavanje je značajno skočilo u oktobru na $84,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, uz povećanje od skoro dva puta. Ovi brojevi su nastavili da rastu sve dok nisu dostigli apsolutni vrhunac u januaru, sa

očitavanjem od 181,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sa ovako lošim nivoom zagađenja vazduha, preventivne mere postaju vitalne za građane Dake, prvenstveno u izbegavanju aktivnosti na otvorenom prostoru (IQair, 2023).

4.4.3 Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Skoplje, Severna Makedonija

Skoplje je glavni i najveći grad u Severnoj Makedoniji. Nalazi se na gornjem delu reke Vardar i nalazi se na ključnoj balkanskoj ruti sever-jug između Beograda i Atine. Zbog svoje lokacije, kao transpotno čvorište privukao je mnoge industrije. Izrastao je kao centar za metaloprerađivačku, drvnu, hemijsku, kožnu, tekstilnu i štamparsku industriju. Na osnovu poslednjeg zvaničnog popisa iz 2002. godine, Skoplje je imalo oko 430.000 stanovnika, a očigledno će do 2021. godine ovaj broj znatno porasti. Početkom drugog kvartala 2021. godine, Skoplje je doživljavalo period „umerenog“ kvaliteta vazduha sa indeksom kvaliteta vazduha (AQI - Air Quality Index) od 84. Ovo je u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije (SZO). Zabeleženi nivo koncentracije zagađujućeg $\text{PM}_{2,5}$ iznosio je 28,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kod ovakvih nivoa, preporučljivo je zatvoriti vrata i prozore kako bi se sprečio ulazak prljavog vazduha u prostorije. Nije preporučljivo da osetljive osobe izlaze napolje dok se kvalitet vazduha ne poboljša (IQair, 2023).

Gledajući unazad na brojke zabeležene tokom 2021. godine, može se videti da je tokom 8 meseci u godini (od marta do kraja oktobra), Skoplje imalo „umeren“ kvalitet vazduha sa očitavanjima između 18,1 i 38,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kvalitet se pogoršava tokom hladnijih zimskih meseci. U februaru i decembru kvalitet vazduha je klasifikovan kao „nezdrav za osetljive grupe“ sa očitavanjima između 35,5 i 55,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dok je u januaru i novembru kvalitet bio lošiji sa očitavanjima između 55,5 i 150,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Podaci za Skoplje su dostupni tek od 2019. godine kada je srednji rezultat bio 33,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, međutim, blago poboljšanje se može videti u očitavanju za 2021. godinu koje je iznosilo 31,126 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rezultati ne samo da variraju tokom godine, već se zbog atmosferskih uslova mogu menjati iz dana u dan (EWS, 2023).

S obzirom da je Skoplje industrijalizovan grad, ne čudi što ima veliki problem zagađenja, posebno tokom hladnijih zimskih meseci. Zabeleženi nivoi $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} redovno su veći deset puta od preporučenog nivoa SZO. Gustina dima je tolika da je vid vozača ugrožen. Visok nivo zagađenja vazduha u Skoplju uzrokovan je kombinacijom dima koji se emituje grejanjem kuća, emisija iz industrije, iz autobusa i drugih vidova javnog prevoza, kao i iz automobila i opšte nezainteresovanosti za brigu o životnoj

sredini. Sistemi centralnog grejanja mogu biti nepristupačni za mnoga domaćinstva koja moraju da se oslone na stare tradicionalne metode grejanja svojih domova. Ovo ne uključuje samo sagorevanje drveta, koje je relativno jeftino i lako dostupno, već se spaljuje i sve što je zapaljivo. Kao gorivo se koriste i stare gume, plastično smeće, nafta, vlažna organska materija poput lišća i mahovine. Zajedno emituju veoma toksičnu mešavinu opasnih hemikalija koje su potencijalno štetne za mlađu decu i starije osobe (AQICN, 2023).

Većina zapadne Evrope se udaljila od upotrebe uglja kao izvora proizvodnje električne energije. Nažalost, Balkan i Istočna Evropa nemaju taj izbor. Oni nastavljaju da koriste prljavi ugalj sa visokim sadržajem lignita koji veoma zagađuje. Region Balkana je sedište mnogih termoelektrana na ugalj i lignit i područje 7 od 10 najzagađujućih termoelektrana na ugalj u Evropi.

4.4.4 Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Sarajevo je glavni grad Bosne i Hercegovine, ujedno i najveći grad u zemlji, dom za preko 275 hiljada stanovnika, sa više od pola miliona ljudi koji takođe žive u okolnim metropolitanskim područjima. Sarajevo je podložno lošim nivoima kvaliteta vazduha, jer ima brojne različite uzroke zagađenja vazduha koji su dodatno otežani drugim faktorima. U aprilu 2021. godine registrovan je sa očitavanjem AQI od 105, što je vrlo visok broj koji ga je svrstao u gornje ešalone najzagađenijih gradova na svetu u to doba godine. Takođe, spada u kategoriju „nezdrav za osetljive grupe“, što ukazuje da bi kvalitet vazduha bio opasan za veći deo stanovništva, sa određenim demografskim kategorijama koje bi bile još više ugrožene. To bi uključivalo malu decu, trudnice i starije osobe, između ostalih grupa kao što su one sa kompromitovanim imunološkim sistemom ili već postojećim bolestima. Posmatrajući podatke prikupljene tokom 2020. godine za dalju referencu, Sarajevo je došlo sa očitavanjem $PM_{2,5}$ od $42,5 \mu g/m^3$, što je izuzetno visok broj za njegov godišnji prosek, što ga ponovo stavlja u viši rang „nezdrav za osetljive grupe“, koji zahteva očitavanje $PM_{2,5}$ između $35,5$ do $55,4 \mu g/m^3$ da bi se klasifikovao kao takav. $PM_{2,5}$ se odnosi na sitne čestice prečnika 2,5 mikrona ili manje, što iznosi približno deseti deo debljine vlasi ljudske kose. Zbog ove izuzetno male veličine i opasnosti koju predstavlja po ljudsko zdravlje, to je jedna od glavnih komponenti koja se koristi u izračunavanju indeksa kvaliteta vazduha. Ovo očitavanje od $42,5 \mu g/m^3$ stavilo je Sarajevo na 167. mesto od svih gradova rangiranih širom sveta tokom 2020. godine i

pokazalo se da se zapravo pogoršalo u pogledu kvaliteta vazduha, pri čemu su prethodne godine bile sa nižim očitavanjima kao što je $34,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u 2019. godini i $38,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u 2018. godini. Kao takvo, Sarajevo je grad koji ima mnogo koraka pred sobom da poboljša stanje vazduha, trenutno je problematičan za ljude koji udišu njegov vazduh, posebno ako se ove veće koncentracije udišu tokom dužeg vremenskog perioda. Koncentracija $\text{PM}_{2,5}$ u Sarajevu je trenutno 2,9 puta veća od godišnjih smernica za kvalitet vazduha SZO, npr. AQI izmeren u Novom gradu, Republika Srpska, iznosi 157, sa koncentracijom $\text{PM}_{2,5}$ 13,6 puta većom od dozvoljene (IQair, 2023).

Zbog svog geografskog položaja unutar duboke doline, okruženog još višim planinama, Sarajevo je istorijski oduvek bilo podložno značajno manjim nivoima kvaliteta vazduha, zbog zagađenja izazvanog antropogenom aktivnošću koje je zarobljeno unutar ovog ponora, bez potrebne snage vetra da ukloni veći deo zagađivača vazduha. Jaki vetrovi su jedan od važnijih faktora kada je reč o uklanjanju zagađenja sa granica grada, jer imaju daleko veću moć nego jaka kiša u čišćenju vazduha od finih ($\text{PM}_{2,5}$) i grubih (PM_{10}) čestica, kao i drugih hemijskih zagađivača. Što se tiče savremenih uzroka zagađenja, Sarajevo ima mnogo izvora zagađenja, od kojih su upotreba ogrevnog drveta i drvenog uglja u kućama istaknuti problem, što dovodi do ispuštanja velikih količina čađi i hemikalija u vazduh, posebno tokom hladniji meseci kada temperature padaju. Pored toga, stara ili zastarela vozila se i dalje koriste u gradu, izazivajući prekomerne količine dima iz izduvnih gasova vozila. Stariji motori takođe mogu da propuštaju veće količine uljne pare i drugih opasnih hemikalija, zbog lošeg procesa sagorevanja koji često imaju stara vozila. Teretna vozila ili teška vozila kao što su kamioni takođe mogu doprineti ovom problemu, izbacujući velike količine sopstvenog štetnog izduvnog gasa, zbog toga što često rade na fosilna goriva kao što je dizel. Fabrike, elektrane, pa čak i gradilišta su takođe izvori zagađenja. Loše održavane građevinske površine mogu ispuštati ogromne količine sitne mlevene prašine koja može uzrokovati nepovratna oštećenja pluća ljudi koji je udišu, a sa svim ovim faktorima zajedno, Sarajevo se nalazi u izuzetno lošoj poziciji u svetskoj razmerama (EWS, 2023).

Imajući u vidu prethodno pomenute izvore zagađenja, ispuštaju se velike količine određenih zagađivača vazduha. To su azot dioksid (NO_2), kao i sumpor dioksid (SO_2). Ozon (O_3) bi takođe bio prisutan na nivou zemlje, predstavljajući značajnu opasnost za ljude koji su mu izloženi. Ostali zagađivači uključuju one kao što su crni ugljenik (glavna

komponenta čađi), kao i isparljiva organska jedinjenja (VOC), a u slučaju zagađenja gradilišta, silicijumska prašina, čestice šljunka, pa čak i teški metali kao što su olovo i živa. Neki primeri VOC uključuju hemikalije kao što su benzen i formaldehid (AQICN, 2023).

Posmatrajući podatke prikupljene tokom 2020. godine, izdvaja se nekoliko meseci koji imaju ozbiljne nivoe zagađenja vazduha, kao i produženi deo godine koji ima umerene (ali još uvek nebezbedne) nivoe $PM_{2,5}$. Kraj godine je period kada je kvalitet vazduha najgori, sa septembarskim očitavanjem od $15,4 \mu g/m^3$ koji brzo raste na $25,2 \mu g/m^3$ u oktobru, a zatim još više na $78 \mu g/m^3$ i $80 \mu g/m^3$ tokom novembra, odnosno decembra. Januar je imao apsolutno najviše zabeleženo očitavanje sa rekordnih $181,8 \mu g/m^3$, što ga pozicionira u kategoriju „vrlo nezdrav“ ($150,5$ do $250,4 \mu g/m^3$ potrebno za klasifikaciju). Ovo je broj koji bi ukazivao na to da je vazduh apsolutno prožet sa čađi, maglom, oblacima prašine i svim vrstama toksičnih hemijskih zagađivača. Očitavanja u novembru i decembru takođe bi ta dva meseca svrstala u kategoriju „nezdravih“ rejtinga, što ukazuje da će sam kraj i početak godine biti najzagađeniji vremenski period u Sarajevu (IQair, 2023).

4.5 Primeri zagađenja urbanih ekosistema putničkim saobraćajem u Srbiji

4.5.1 Analiza i statistika kvaliteta vazduha za Beograd

Beograd je glavni i najveći grad Republike Srbije. Ima populaciju veću od 1,6 miliona ljudi, prema popisu sprovedenom 2022. godine, što ga čini domom za približno 25% stanovništva cele zemlje. Beograd ima ozbiljne probleme u vezi sa kvalitetom vazduha, jer je početkom aprila 2021. godine dostigao AQI od 111, što ga pozicionira među najzagađenije gradove u svetu, kao i u kategoriju „nezdrav za osetljive grupe“.

Kao posledica toga, izvršeno je istraživanje, koje uključuje analizu uticaja gradskog prevoza na zagađenje vazduha u Beogradu. Pored toga, dobijeni rezultati treba da posluže da razumemo kako ljudi koji putuju na posao biraju između različitih načina prevoza i šta su njihove direktne zamene. Ove informacije mogu pomoći kreatorima politike javnog prevoza da poboljšaju svoje odluke u vezi sa javnim prevozom (Prohaska, I., Ristić, V., 2023).

Istraživanje je sprovedeno prikupljanjem primarnih i sekundarnih podataka. Metoda koja se koristila za primarno prikupljanje podataka bila je anketa u vidu direktnih

intervjua korišćenjem javnog upitnika. Anketa je sprovedena radi prikupljanja informacija o broju korisnika vozila koji su zainteresovani da pređu na korišćenje usluga javnog prevoza. Istraživanje je sprovedeno da analizira procenat broja korisnika vozila u Beogradu koji imaju interesovanje za prelazak sa privatnih vozila na korišćenje usluga javnog prevoza. Metod istraživanja koji se koristio je distribucija upitnika za sve ispitanike metodom slučajnog uzorka, nakon čega ispitanik popunjava odgovore, dok izrađivač upitnika prikuplja i beleži odgovore. Svi upitnici koji su bili završeni i vraćeni se zatim obrađuju. Svrha ove faze je pojednostavljenje i tabelarni prikaz podataka. Izračunavanje količine emisija CO, NO_x, PM i HC pre prelaska na korišćenje usluga javnog prevoza se izračunava po formuli za količinu emisija sa Tier 2 metodom, kako sledi:

$$E = \sum_{b=1, c=1}^{n, m} (VKT_{b,c} \times EF_{b,c} \times 10^{-6}) \quad (1)$$

gde je E ukupna ispitana emisija CO, NO_x, PM i HC (tona/godišnje), a EF predstavlja faktor emisije (g/km). Faktori emisije su zasnovani na kategorijama vozila i goriva, gde je indeks b vozilo kategorije (npr. limuzina, autobus, kamion) koje koristi gorivo tipa c (npr. dizel, benzin). U nastavku (tabela 7.) se prikazuje EF svakog vozila, sa napomenom da je dozvoljeni limit dat u zagradi:

Tabela 7. Faktor emisije svakog vozila (Prohaska, I., Ristić, V., 2023)

Emisija izduvnih gasova	CO (g/km)	NO_x (g/km)	PM (g/km)	HC (g/km)
Motocikl	< 150 cc = 3 (2) ≥ 150 cc = 3 (2)	< 150 cc = 0,45 (0,15) ≥ 150 cc = 0,55 (0,15)	< 150 cc = 0,15 (0,08) ≥ 150 cc = 0,19 (0,08)	< 150 cc = 0,95 (0,80) ≥ 150 cc = 0,90 (0,30)
Automobil benzin (Euro 3)	3,30 (2,30)	0,45 (0,15)	-	0,44 (0,20)
Automobil benzin (Euro 4)	1,5 (1,00)	0,15 (0,08)	-	0,15 (0,10)
Automobil benzin (Euro 5)	1,4 (1,00)	0,15 (0,06)	0,010 (0,005)	0,12 (0,06)
Automobil benzin (Euro 6)	1,4 (1,00)	0,12 (0,06)	0,010 (0,005)	0,20 (0,10)
Automobil dizel (Euro 3)	1,12 (0,64)	0,95 (0,50)	-	0,85 (0,56)
Automobil dizel (Euro 4)	1,1 (0,50)	0,56 (0,25)	0,04 (0,025)	0,56 (0,30)
Automobil dizel (Euro 5)	1,25 (0,50)	0,36 (0,18)	0,015 (0,005)	0,33 (0,23)

Automobil dizel (Euro 6)	1,6 (0,50)	0,12 (0,08)	0,012 (0,005)	0,26 (0,17)
--------------------------	------------	-------------	---------------	-------------

Ukupni VKT (pređeni vozilo-kilometri) izračunat je iz prosečnog VKT za motocikle, automobile sa benzinskim motorom i automobile sa dizel motorom na osnovu proračuna godišnje potrošnje goriva i ekonomičnosti goriva dobijenih od svih ispitanika. Zatim smo izračunali prosek ukupnog VKT-a.

Istraživanje je obuhvatilo sve faktore koji mogu uticati na korisnike privatnih vozila da se odluče na prelazak na korišćenje usluga javnog prevoza autobusom, trolejbusom i tramvajem. Takvi faktori se dele na eksterne (npr. zagušenja, veći stres ako se vozi privatnim vozilom) i interne (npr. klima uređaj). Svaki korisnik može izabrati više od jedne opcije za svaki režim javnog prevoza.

4.5.1.1 Smanjenje emisije izduvnih gasova (CO, NO_x, PM, HC)

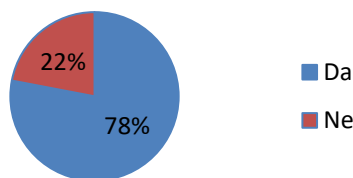
Kao i u drugim gradovima zemalja u razvoju, privatna vozila i motocikli dominiraju po ukupnom broju u gradskom saobraćaju. U Beogradskom regionu broj registrovanih motocikla dostigao je u vreme istraživanja 16.842 jedinica. Ukupan broj registrovanih automobila iznosio je 594.063 jedinica. S obzirom na VKT za motocikl, benzin i dizel automobile su imali 12.204,6 km/god, 9.646 km/god, odnosno 10.453,99 km/god, pa se onda mogla izračunati emisija korišćenjem formule (1) i faktora emisije u skladu sa tabelom 7. Emisija CO, NO_x, PM i HC iz motocikla i automobila (prema vrsti standarda motora) prikazana je u tabeli 8. u nastavku:

Tabela 8. Početne emisije iz privatnih vozila (tona/god) (Prohaska, I., Ristić, V., 2023)

Emisija izduvnih gasova	CO (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)	HC (g/km)
Motocikl	2.863.140	60.452	70.454	42.563
Automobil benzin (Euro 3)	4.154.165	178.952	152.625	189.012
Automobil benzin (Euro 4)	3.156.111	165.456	112.114	171.123
Automobil benzin (Euro 5)	2.569.854	145.145	87.546	145.021
Automobil benzin (Euro 6)	1.154.111	123.125	65.012	123.156
Automobil dizel (Euro 3)	7.859.654	420.625	45.021	112.023
Automobil dizel (Euro 4)	6.542.652	360.213	36.152	98.562
Automobil dizel (Euro 5)	4.526.526	250.695	32.012	87.652

Automobil dizel (Euro 6)	2.456.456	201.635	29.012	75.024
-----------------------------	-----------	---------	--------	--------

Iz intervjuja je ustanovljeno da je 78% korisnika motocikala, automobila (benzin) i automobila (dizel) bilo voljno da pređe na javni prevoz ako se infrastruktura javnog prevoza (autobus, trolejbus i tramvaj) poboljša. Najmanje 79% ispitanika je izjavilo da je zainteresovano za promenu. Na osnovu početne emisije i potencijalnog prelaska korisnika sa privatnih vozila, smanjenje CO, NO_x, PM i HC bi iznosilo 1.840.256, 120.526, 65.890 i 95.423 tona godišnje, respektivno. Brojke su velike i značajne pa je moguće zaključiti koliko je ova promena važna.



Slika 13. Procenat korisnika privatnih vozila koji su spremni da pređu na usluge javnog prevoza ako se infrastruktura poboljša (Izvor: Prohaska, I., Ristić, V., 2023)

Broj korisnika motocikala je 16.842 osoba. Korisnika automobila je 594.063 osoba, bez obzira na standard motora. Ukupan broj korisnika privatnih vozila iznosi 610.905. Ako se javni prevoz unapredi, 78% korisnika će u ovom slučaju preći na korišćenje usluga javnog prevoza (autobus, trolejbus i tramvaj). Korisnika privatnih vozila koji prelaze na korišćenje usluga javnog prevoza ima ukupno 476.506. Inače, preostali korisnici koji ne žele prevoz javnim prevozom nastaviće da koriste svoje privatno vozilo. Proračun emisije tramvaja je isključen jer će sistem koristiti električnu energiju, tako da neće biti generisana emisija.

4.5.1.2 Faktori koji utiču na izbor javnog prevoza

Javni prevoz u Beogradu ima važnu ulogu u ekonomskom sektoru jer podržava aktivnosti u zajednici. Javni prevoz biraju visoka, srednja i niža klasa. Postojan, dobar, planiran i koordinisan sistem javnog prevoza može poboljšati efektivnost i efikasnost u sistemima gradskog prevoza. Poboljšanje usluga javnog prevoza se može postići njegovim reformisanjem. U ovom trenutku, većina stanovnika Beograda i dalje koristi privatna vozila kao njihov svakodnevni prevoz. To se jasno vidi po velikom broju motocikala i automobila u Beogradu. Očekuje se da će unapređenje javnog prevoza

pružiti pouzdane i pristupačne usluge za sve ljude. Osim toga, dugoročno se očekuje da će javni prevoz promeniti način života ljudi koji trenutno još uvek koriste privatna vozila. Postojanje ovog javnog prevoza ima svrhu da se pružaju dobre i izvodljive usluge zajednici. Ova dobra i izvodljiva usluga znači da je usluga komforna, bezbedna, pristupačna i brza. Da bi se odredio izbor ove vrste prevoza postoji niz razmatranja, kao što su odredišta putovanja, udaljenost i vreme putovanja, troškovi i udobnost (Prohaska,I., Ristić,V., 2023).

Problemi u vezi sa autobusima, trenutno su vezani za faktor udobnosti. U Beogradu, još uvek ima mnogo gradskih autobusa koji nisu pogodni za saobraćaj. U nekima nema klime, sedišta su tvrda. Nedostatak broja autobusa u ovom trenutku uzrokuje da ljudi nerado menjaju smene koristeći autobuse. Međutim, ako postoje poboljšanja autobuskih objekata, 52 osobe od ukupnog broja ispitanika izabralo je autobus kao javni prevoz koji će se koristiti. Rezultati ankete pokazuju da su faktori koji najviše utiče na izbor autobusa kao dnevnog prevoza zapravo gužva u saobraćaju (86%) i troškovi goriva (84%). Ostali faktori koji su takođe uticali na izbor javnog prevoza su praktičnost (77%), pristupačnost (73%), dostupnost parkinga na odredištu (73%) i cena parkinga na odredištu (71%).

Postoje različiti problemi vezani za socijalna pitanja u zajednici a vezani su za prevoz trolejbusom. Loše usluge, nedostatak izvesnosti reda vožnje, nestalne tarife kao i dugo zadržavanje na stanicama, utiču na povećanje zagušenja. Razlog zašto se koristi trolejbus je praktičnost (78%), gužve u saobraćaju (66%), cene goriva (66%) i pristupačnosti (64%).

Preostala vrsta javnog prevoza koji bira zajednica je tramvaj. Rezultati ankete pokazuju da faktor saobraćajne gužve dominira pri izboru tramvaja kao javnog prevoza po izboru zajednice (88%). Takođe, faktori koji utiču na izbor tramvaja kao javnog prevoza su izvesnost reda vožnje (71%) i veća praktičnost (70%).

4.5.1.3 Uzroci zagađenja

Beograd ima mnogo uzroka zagađenja koji doprinose konstantno lošim očitavanjima zagađenja. Meteorološki faktori kao što su nedostatak vetra ili kiše tokom određenih meseci mogu dovesti do velikih akumulacija magle, smoga i drugih otrovnih zagađivača vazduha. Sve ove akumulacije imaju svoje specifične izvore, a oni kao što su gasovi iz vozila, sagorevanje ogrevnog drveta i drvenog uglja u kućama (naročito

izraženo tokom hladnijih meseci), kao i velika upotreba uglja i drugih fosilnih goriva u elektranama i fabrikama, su glavni izvori. Ovo dovodi do toga da je vazduh prožet velikim količinama opasnih hemijskih jedinjenja, ultrafinim česticama ($PM_{2,5}$), kao i većim ili krupnijim česticama (PM_{10}). Oba ova jedinjenja mogu izazvati razne zdravstvene probleme, pri čemu su manje čestice najsmrtonosnije zbog svoje sposobnosti da prodru duboko u plućno tkivo i uđu u krvotok. Neregulisana, ili bar loše regulisana emisija iz svih vrsta industrijskih objekata, stara vozila sa pogonom na gorivo nižeg kvaliteta, kao i sagorevanje organskog materijala, sve to doprinosi izuzetno visokom nivou zagađenja. Drugi faktori kao što su nedostatak inicijativa za čišćenje vazduha i odgovornost takođe igraju ulogu, kao i prethodno pomenuti vremenski uslovi koji dodatno pogoršavaju situaciju tokom određenih meseci u godini (IQair, 2023).

4.5.1.4 Podaci o očitavanju

Sticanje jasnije ideje o tome kada su nivoi zagađenja na najnižem nivou može pomoći pojedincima, kao i turistima ili putnicima da steknu bolju predstavu o tome kada aktivnosti na otvorenom nose sa sobom najmanji rizik. Periodi visokog zagađenja često ukazuju na to da je to vreme kada bi aktivnosti na otvorenom trebalo da budu ograničene, posebno kada je uključena naporna aktivnost, zbog veće brzine disanja koja uzrokuje udisanje opasnijih zagađivača. Navodeći neke od najčistijih meseci zabeleženih tokom 2020. godine, od maja do septembra je kvalitet vazduha imao najniža očitavanja $PM_{2,5}$. April je bio mesec kada su nivoi zagađenja počeli da opadaju, sa očitavanjem od $19,4 \mu g/m^3$, praćeno znatno poboljšanim očitavanjem od $11,6 \mu g/m^3$ u maju. Takođe, jun je došao sa značajnim očitavanjem od $10,4 \mu g/m^3$, što je i maj i jun svrstalo u kategoriju „dobrog“ kvaliteta vazduha, što zahteva očitavanje $PM_{2,5}$ čestica od 0 do $12 \mu g/m^3$ da bi se klasifikovalo kao takvo, što je za veoma finu marginu ulaska, kao i da je samo nekoliko jedinica udaljena od cilja SZO od $10 \mu g/m^3$ ili manje. Od jula do septembra takođe su zabeležena očitavanja od $12,3 \mu g/m^3$, $12,2 \mu g/m^3$ i $12 \mu g/m^3$. Ovo je ukazivalo da su tri meseca u godini imala očitavanje „dobrog“ kvaliteta vazduha, pri čemu je jun bio najčistiji sa svojim očitavanjem od $10,4 \mu g/m^3$. Treba napomenuti da, iako su ovo prilično pouzdani pokazatelji čistoće vazduha, svaka godina može biti podložna fluktuacijama nivoa zagađenja vazduha zbog brojnih faktora (prirodne ili izazvane katastrofe, promena vremenskih uslova i sve vrste sličnih pojava) (EWS, 2023).

Meseci od januara do marta, kao i od oktobra do decembra imali su najveća očitavanja $PM_{2,5}$. Od svih ovih meseci, mart, novembar i januar su bili sa najvišim očitavanjima zagađenja, poredani prema stepenu zagađenja. Ova očitavanja su bila $30,5 \mu g/m^3$, $36,7 \mu g/m^3$ i $67,3 \mu g/m^3$, respektivno, što je januar činilo daleko najzagađenijim mesecom u godini (oko 6 puta višim od najčistijeg meseca) i dovoljnim da se svrsta u „nezdravu“ kategoriju indeksa kvaliteta vazduha, što znači da je vazduh bio prožet smogom, izmaglicom i svim vrstama dima i kao takav bio izuzetno opasan za disanje (IQair, 2023).

4.5.2 Analiza i statistika kvaliteta vazduha za ostale gradove u Srbiji

Prema merenjima AQI, Leskovac, Prokuplje, Vranje, Niš i Pirot su trenutno najzagađeniji gradovi u Srbiji. Indeks kvaliteta vazduha u Leskovcu dostiže 283 i spada u „vrlo nezdravu“ ljubičastu kategoriju, dok je u ostala četiri južna grada vazduh zagađen u „nezdravoj“ crvenoj kategoriji. Koncentracija štetnih čestica $PM_{2,5}$ u Leskovcu je $233 \mu g/m^3$, a granična vrednost je $35,4 \mu g/m^3$. U Prokuplju indeks kvaliteta vazduha bio je 191, a vrednost $PM_{2,5}$ bila je $133 \mu g/m^3$. Treći najzagađeniji grad u Srbiji je Vranje, gde je indeks kvaliteta vazduha 189, sledi Niš sa indeksom kvaliteta vazduha 182 i koncentracijom $PM_{2,5}$ čestica $97 \mu g/m^3$, zatim Pirot sa indeksom kvaliteta vazduha 172 i koncentracijom $PM_{2,5}$ čestica $97 \mu g/m^3$. U Nišu je vazduh bio „vrlo nezdrav“ sa indeksom kvaliteta vazduha 272, dok je u Leskovcu vazduh kategorisan kao „hazardan“ sa indeksom kvaliteta vazduha 320 (IQair, 2023).

5. MERE ZA SMANJENJE ZAGAĐENJA OD STRANE PUTNIČKOG SAOBRAĆAJA U URBANIM EKOSISTEMIMA

U brzorastućim metropolitanskim regionima zemalja u razvoju, sve više ljudi poseduje i koristi privatna motorna vozila – poput automobila i motocikala – za kretanje. Kao rezultat toga, gradski transport sve više doprinosi zagađenju vazduha. Činjenica je da nikada ne možemo sebe zaštititi 100%. Ono što radimo je da se zaštitimo što je više moguće i da smanjimo rizik do prihvatljivog stepena. Nikada ne možemo ukloniti sav rizik²⁵. Često se dešava da na istom prostoru postoje i zaštićena područja ili lokaliteti prirodnog i kulturnog nasleđa, kao i površine koje su pogodne za razvoj turističkih aktivnosti. Ovo može biti izazovno jer zahteva ravnotežu između očuvanja prirodnih resursa i kulturnog nasleđa s jedne strane i razvoja turizma s druge strane (Maksin,M., Ristić,V., 2020). Širom sveta, kreatori politike su pokušali sa širokim spektrom mera za ublažavanje uticaja gradskog putničkog saobraćaja na životnu sredinu, često putem propisa ili ekonomskih podsticaja. Ali iako su ove politike dobronamerne, one mogu imati neželjene posledice koje potkopavaju njihove rezultate.

Javni prevoz, biciklizam i pešačenje su načini koji se mogu koristiti kao alternativa za prevoz pored korišćenja privatnih vozila. Postojanje dobre usluge i frekvencije javnog prevoza je važna karika koja se mora obezbediti. Pristupačnost korišćenja javnih usluga, te sigurnost i mobilnost su samo neki od uslova za promociju sredstava javnog prevoza (Prohaska,I., Ristić,V., 2023).

Najbolje rešenje za upravljanje potencijalnim kompromisom između mobilnosti i zagađenja vazduha je upravljanje urbanim prostorima. Stvaranje kompaktnih gradova koji smanjuju razdaljinu do javnog prevoza, povećavaju gustinu zemljišta i povećavaju raznovrsnost korišćenja zemljišta može ljude izvući iz privatnih automobila u masovni tranzit. Ovaj pristup može smanjiti lokalno zagađenje vazduha i gradske gužve, kao i povezane emisije ugljenika. Uz brzu urbanizaciju, kreatori politike u zemljama u razvoju imaju jedinstvenu priliku da integrišu planiranje korišćenja zemljišta i transport kako bi podstakli mobilnost sa niskim emisijama i niskom motorizacijom. Politike koje se fokusiraju na kompaktne, povezane i efikasne oblike urbanog razvoja mogu podstaći

²⁵ Kevin Dejvid Mitnik (rođen 6. avgusta 1963.) je američki konsultant za kompjutersku bezbednost, autor i osuđeni haker.

ljude da pređu sa privatnih motornih vozila na pešačenje, vožnju biciklom i javni prevoz (Wiesel, P.G., Dresch, E., de Santana, E.R.R., Lobo, E.A., 2021).

Politike „brze ispravke“ koje ciljaju na određena ponašanja u vakuumu bez pristupa transportnim sistemima u celini, mogu dovesti do neželjenih posledica. Komplementarne mere su često neophodne da bi se postigli rezultati koje kreatori politike traže. Na primer, u Meksiko Siti, ograničenja koja su zabranjivala vozačima da koriste svoja vozila jednog radnog dana u nedelji neočekivano su dovela do pogoršanja kvaliteta vazduha. Politika je nenamerno podstakla ljude da kupe drugo vozilo, koje je obično bilo starije i lošije od prvog. Nasuprot tome, u Pekingu su ograničenja vožnje svaki drugi dan dovela do smanjenja zagađenja vazduha za 19%, a ograničenja za jedan dan u nedelji dovela su do smanjenja od 7%. U ovom slučaju, putnici su se okrenuli javnom prevozu, a ne drugim vozilima. Komplementarne politike su ovo omogućile, uključujući kvotu za kupovinu vozila, ograničenja prodaje polovnih vozila koja nisu ispunila određene standarde emisije izduvnih gasova i povećana ulaganja u sistem javnog prevoza (Alizadeh, B., Hitchmough, J., 2019).

Generalno, politike zasnovane na tržištu su isplativije od komandnog pristupa i kontrole u rešavanju eksternih efekata povezanih sa transportom. Na primer, standardi za uštedu goriva – koji zahtevaju od proizvođača vozila da poboljšaju efikasnost goriva u celoj floti i obezbede minimalni nivo vozila na alternativna goriva – manje su efikasni od poreza na benzin, u smanjenju potrošnje energije. Na primer, regulacija sadržaja goriva nije poboljšala kvalitet vazduha u Sjedinjenim Državama. To je zato što su rafinerije odlučile da uklanjaju zagađivače koje je relativno jeftino ukloniti iz benzina, a koji su slučajno i manje štetni po kvalitet vazduha (Khuong, M., McKenna, P., Fichtner, W., 2019).

Oprez je opravdan u generalizaciji prelaza sa jedne lokacije na drugu – posebno iz iskustava zemalja sa višim dohotkom u zemlje sa nižim prihodima. Efikasnost politika koje promovišu javni prevoz u velikoj meri zavisi od lokalnih faktora kao što su gustina naseljenosti, stope motorizacije i postojeće mreže javnog prevoza, uključujući obim neformalnog sektora. Politike koje nastoje da razviju transportni sektor na načine koji zadovoljavaju rastuću potražnju i štite životnu sredinu i zdravlje ljudi, mogu imati zapanjujuće različite rezultate u zavisnosti od toga gde i kako se primenjuju. Neke politike mogu čak i nenamerno da pogoršaju saobraćaj, i zagađenje koje žele da ublaže.

Komplementarne politike su ključne za minimiziranje uticaja na životnu sredinu i maksimiziranje koristi za građane (Cvetković, A. S., Radojčić, V. , 2022).

5.1 Promocija javnog prevoza

U svetu je postala ustaljena praksa da se gradski saobraćaj rastereti putničkih vozila na osnovu promovisanja koncepta javnog prevoza i prednosti koje donosi javni prevoz. Različiti gradovi eksperimentišu sa visinama naknada za javni prevoz u nastojanju da promovišu održivu mobilnost, ublaže saobraćajne gužve i smanje društvenu nejednakost.

Prošlog februara, Solt Lejk Siti je pauzirao naplatu karata na mesec dana kako bi smanjio emisiju ugljenika u regionu. Krajem marta, italijanski grad Đenova je proširio besplatan pristup nekim od svojih mreža javnog prevoza, nakon uspešnog eksperimenta koji je započeo krajem 2021. godine i u ambicioznom planu da postane prvi italijanski grad sa besplatnim prevozom. U međuvremenu, malo vojvodstvo Luksemburg postalo je prva zemlja na svetu sa besplatnim javnim prevozom 2020. godine (Feng, T., Huang, Y., Zhou, B., 2022). Takođe, gradske vlasti Skoplja, glavnog grada Severne Makedonije, u cilju hitnog smanjenja visokog zagađenja, odlučile su da javni prevoz privremeno postane besplatan, a da se cene parkinga za putnička vozila udvostruče. Kada su gradske vlasti dobile obaveštenje Ministarstva za životnu sredinu da su registrovane količine otrovnih PM₁₀ čestica bile iznad 175 µg/m³ dva dana uzastopno na dve merne stanice u Skoplju, hitne mere su preduzete radi smanjenja zagađenja vazduha i zaštite zdravlja građana (BalkanGreen, 2022). Ova situacija predstavlja određeni model kako bi trebalo delovati u određenim kriznim situacijama. Ukoliko se situacija preslika na naš glavni grad, shodno broju stanovnika i saobraćajnom opterećenju, ovako nešto bi bilo teško izvodljivo. Izgradnja metroa bi bio odličan put ka rasterećenju drumskog saobraćaja.

U svetu koji se potresa od uticaja COVID-19, ulaganje u javni prevoz moglo bi da stvori 4,6 miliona radnih mesta do 2030. godine i da smanji emisije iz saobraćaja, sudeći po izjavama gradonačelnika u oko 100 gradova. „Zeleni i pravedni oporavak“ sa ulaganjem u autobuse i vozove, posebno u električna vozila, takođe bi smanjio upotrebu automobila i zagađenje vazduha i zaštitio ugrožene stanovnike. Put ka oporavku je popločan ulaganjima u infrastrukturu (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. , 2020).

Javni prevoz je više od običnog načina da se ljudi prevoze. To je sredstvo za prilike, pravičnost i bolji kvalitet života (Radivojević, D., Stanković, S., Čelar, N., Vukanović, S.

, 2017). Nekoliko velikih sistema javnog prevoza je desetkovano zbog nove pandemije korona virusa jer su se gradovi zaustavili, pri čemu je Njujork predviđao deficit od 6 milijardi USD u 2021. godini, a Pariz je izgubio skoro 4 milijarde USD prihoda u 2020. godini. Gradovi su dom za 60% svetske populacije, koji su podneli najveći deo krize, sa skoro 100 miliona ljudi - uglavnom žena i etničkih manjina - u opasnosti od siromaštva zbog ekonomskih posledica. Svaki 1 USD uloženi u javni prevoz mogao bi da generiše 5 USD ekonomskog povrata, dok bi svaka uložena milijarda USD mogla da stvori 50.000 radnih mesta. Gradovi su ključni za borbu protiv klimatskih promena jer stvaraju tri četvrtine emisija ugljenika. Zeleni oporavak takođe će podržati radnike sa niskim primanjima koji se oslanjaju na javni prevoz da bi došli do posla, posebno žene i mlade ljude - za koje Ujedinjene nacije (UN - United Nations) kažu da su najteže pogođeni gubitkom posla tokom pandemije (UNEP, 2023).

Ovo je vreme za ulaganje u snažne lokalne javne usluge, uključujući infrastrukturu javnog prevoza kako bi se osigurala pravedna, prosperitetna i zelena budućnost za sve. Bez jakih sistema javnog prevoza, radnici – posebno žene, migranti, mladi, nezaposleni i neformalni radnici – suočavaju se sa većim preprekama za pristup zapošljavanju (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

Postoji pet glavnih ishoda promocije korišćenja javnog prevoza (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022):

1. Uticaj javnog prevoza na rast zaposlenosti,
2. Uticaj javnog prevoza na rast ekonomskog razvoja,
3. Uticaj javnog prevoza na eliminaciju klimatskih promena na mikro nivou,
4. Uticaj javnog prevoza na životnu sredinu,
5. Uticaj javnog prevoza na bolju bezbednost na putu.

5.1.1 Uticaj javnog prevoza na rast zaposlenosti

Veliki deo rane literature o odnosu između dostupnosti posla i individualnih ishoda zapošljavanja bio je povezan sa hipotezom prostorne neusklađenosti, u kojoj se navodi da je loš pristup mogućnostima za posao glavni faktor nezaposlenosti u gradovima. Ovaj problem pristupačnosti nastao je zbog decentralizacije poslova iz gradskih sredina, kao rezultat promene industrijskih struktura, u kombinaciji sa procesima stambene segregacije, delom zbog diskriminacije na stambenim tržištima. Kombinovana decentralizacija mnogih firmi i usluga i sve veća koncentracija tradicionalnih usluga

javnog prevoza u glavnim koridorima urbanih centara otežali su ljudima pristup poslovima, posebno kada borave van ovih oblasti koje su najpristupačnije (Friess, D.A. , 2017).

Tranzit je ključan za otvaranje radnih mesta i povećanje pristupa postojećim poslovima. Veliki broj ljudi širom zemlje živi u naseljima sa veoma lošim mogućnostima tranzita, a mnogi od njih nemaju dovoljne prihode da steknu vlasništvo nad automobilom. Kako neko uspeva da nađe posao i uspe da stigne na vreme u ovoj situaciji? Mnogi zagovornici sugerišu da su programi pomoći u kupovini automobila rešenje. Dajte ljudima automobile i njihovi problemi će nestati. Dok bi automobil omogućio pristup većem broju radnih mesta, vlasništvo automobila takođe značajno povećava troškove porodice zbog održavanja vozila, osiguranja i goriva. Da ne pominjemo parking ili putarine. U svetlu ovoga, trebalo bi razmotriti druga rešenja (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

Bolja dostupnost poslova javnim prevozom poboljšava individualne šanse za zapošljavanje, posebno u metropolitanskim oblastima i manjim gradovima i mestima sa nižim stopama posedovanja automobila i u naseljima sa niskim prihodima. To dalje pokazuje da bi uglavnom manje obrazovane grupe i mladi ljudi imali koristi od bolje dostupnosti poslova korišćenjem javnog prevoza. Stvaranje novog ili poboljšanje postojećeg javnog prevoza za zajednice kojima je to najpotrebnije može omogućiti ljudima da pristupe poslovima koji su im potrebni, a da troškovi budu prihvatljivi (Kellogg, S.T. , 2021).

Osim što pomaže pojedincima koji zavise od tranzita da pristupe postojećim poslovima, pokazalo se da ulaganje u javni prevoz otvara radna mesta. Naravno, može se izneti i argument da se ulaganjem u puteve otvaraju radna mesta, što je tačno. Međutim, ulaganja u tranzit stvaraju više neto radnih mesta. Jednostavnim prebacivanjem naše potrošnje sa puteva i autoputeva na javni prevoz, možemo da otvorimo 20% više radnih mesta bez trošenja ni jednog dodatnog dolara. Štaviše, stavljanje tranzita u zajednice sa visokom nezaposlenošću, stvara 2,5 puta više radnih mesta nego da se taj isti tranzit koristi u zajednicama sa nižom stopom nezaposlenosti. Na primer, radna mesta koja se otvaraju u sektoru građevinarstva i transporta, ulaganjem u javni prevoz koriste onima koji su najviše pogođeni nedavnim ekonomskim trendovima ka polarizovanoj radnoj snazi. Otvoreno je mnogo radnih mesta u oblastima sa visokim kvalifikacijama/visokim

platama, kao i oblastima sa niskim nivoom kvalifikacija/niskim platama, ali malo u oblastima srednje klase. Investicije u tranzit otvaraju radna mesta u toj važnoj srednjoj oblasti gde su radnici bez fakultetskog obrazovanja plaćeni iznad minimalne plate. Ulaganjem u javni prevoz preko puteva, društvo ima koristi od znatno većeg rasta radnih mesta u privredi. Usmeravanjem novca u zajednice kojima je najpotrebniji, te društvene koristi se umnožavaju dok se stvara jednak pristup za sve (Hamilton, J., 2021).

Nezaposlenost mladih je ozbiljan i uporan izazov na tržištu rada, a poboljšanje usluga javnog prevoza može biti deo rešenja. Čak i dok tržište rada jača, mladi ljudi i dalje imaju mnogo veće stope nezaposlenosti. Za mnoge jednostavno dolazak na posao može biti izazov – a mladi ljudi se češće od drugih oslanjaju na javni prevoz. Nezaposlenost – kao situacija u kojoj ljudi koji traže posao ne mogu da ga dobiju – je ekonomski i emocionalno naporno iskustvo koje može imati efekte na živote radnika daleko nakon neposrednog perioda nezaposlenosti. Pošto gubitak posla često primorava radnika da prihvati novu poziciju koja je znatno manje plaćena i koja ima lošije uslove rada od prethodnog posla, studije su pokazale da takav „ožiljak od plate“ može da opstane i nakon 12 ili više godina. A s obzirom na to da se negativne posledice nezaposlenosti mogu proširiti na čitavu karijeru radnika, nezaposlenost je posebno ozbiljna za mlade ljude koji se često bore da dobiju sigurno uporište u radnom mestu. Izazovi sa kojima se mladi ljudi suočavaju u pronalaženju zaposlenja mogu naštetiti njihovom ekonomskom uspehu u kasnijem životu. Prepreke zapošljavanju se često prikazuju kao individualni nedostaci – npr. ograničene veštine i obrazovanje koji mogu smanjiti šanse za neke radnike da dobiju ili zadrže dobar posao (Vešović, V., Vešović, P., 2018). Ali postoje i strukturni problemi koji stvaraju nezaposlenost čak i kada poslodavci žele da zaposle. U mnogim gradovima mladi radnici se bore sa onim što sociolozi nazivaju „prostornom neusklađenošću” – jer se u tim gradovima područja sa pristupačnim stanovanjem nalaze daleko od područja sa više radnih mesta. Kao rezultat toga, mnogi ljudi žive daleko od mesta gde mogu da nađu posao i ne mogu da ostvare veze, osim ako grad nema integrisanu tranzitnu mrežu. Takvi gradovi postaju sastavni deo nepovezanih kvartova, gde je radnicima teško da pronađu posao, a preduzećima je teže da zaposle radnike koji su im potrebni. Naravno, takva prostorna neusklađenost može uticati na izgleda za zapošljavanje radnika svih uzrasta, ali predstavlja veći izazov za mlade radnike koji imaju manje šanse da poseduju automobile. Posedovanje i održavanje pouzdanog automobila je

skupo za radnike početnike koji kući donose relativno niže plate. Nije iznenađujuće da mladi ljudi imaju duplo veću verovatnoću da koriste javni prevoz od starijih radnika. Usluge javnog prevoza omogućavaju radnicima da prošire geografski obim traženja posla i da putuju na posao. Iz tog razloga, javni prevoz može biti ključan za premošćavanje prostorne neusklađenosti i povezivanje mladih radnika sa radnim mestima. Štaviše, smanjenjem potrebe da ljudi voze privatna vozila, javni prevoz pomaže u smanjenju zagušenja i uticaja na životnu sredinu uzrokovanih putovanjem na posao. Javni prevoz treba posmatrati kao sastavni deo lokalnog tržišta rada – i odličan način da se rad učini dostupnijim mladim ljudima. Danas se mnogi gradovi suočavaju sa pogoršanom infrastrukturom i smanjenjem javne potrošnje na javni prevoz. Kako nove usluge privatnog prevoza brzo rastu, gradski čelnici će možda osećati manji pritisak da obezbede univerzalan i pristupačan javni prevoz. Oslanjanje na privatne usluge može malo učiniti da se osigura da svi radnici imaju pristup povoljnom tranzitu. Ulaganje u učestalost i pokrivenost usluga javnog prevoza ostaje važna strategija za rešavanje neefikasnosti na tržištu rada uz niže ekološke troškove. Javni prevoz ne samo da stvara zdraviju urbanu sredinu, on je ključan za usmeravanje građana da rade, posebno za mlade (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. , 2021).

5.1.2 Uticaj javnog prevoza na rast ekonomskog razvoja

Transport je od suštinskog značaja za efikasan rad privrede, spajajući inpute koji se koriste u proizvodnji dobara i usluga i dovodeći rezultate iz proizvodnog procesa do kupaca.

Procene sugerišu da ako bi se svi drugi pokretači rasta povećali za 10% i transportna infrastruktura ostala konstantna, onda bi ostvareni rast prihoda bio samo 9%, odnosno 1% manje nego što bi inače bio (Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A., Sasaki, R., Abson, D.J., Lang, D.J., Wamsler, C., Wehrden, H.V., 2015).

Potencijalni ekonomski uticaji poboljšanja transporta verovatno neće biti samo značajni i široki, već će verovatno biti i specifični za kontekst. Na primer, neki sektori industrije imaju koristi od toga što su deo klastera sličnih ili srodnih preduzeća sa širokim pristupom i dubokim fondovima specijalističkih veština, drugi sektori se više oslanjaju na konekciju sa međunarodnim vezama za pristup prekomorskim tržištima, dok neki

sektori funkcionišu savršeno gde god da se nalaze (Nielsen, S.B., Sarasoja, A.-L. and Galamba, K.R. , 2016).

Razvijanje razumevanja transportnih i sa transportom povezanih izazova i mogućnosti sa kojima se suočavaju alternativni industrijski sektori je važan prvi korak u razvoju investicionog programa za poboljšanje produktivnosti i konkurentnosti (Kleinaltenkamp, M., Corsaro, D., Sebastiani, R. , 2018).

Ulaganje u transportne mreže može uticati na funkcionisanje tržišta rada, poslovnu produktivnost i konkurentnost. Ovi uticaji su međusobno vremenski povezani i mogu dovesti do poboljšanja privrednog rezultata i geografske distribucije ekonomske aktivnosti. Oni takođe mogu uticati na životnu sredinu, kvalitet života i ukupnu atraktivnost gradova (Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A., Sasaki, R., Abson, D.J., Lang, D.J., Wamsler, C., Wehrden, H.V., 2015).

Poboljšanja u transportnoj povezanosti, izazvana povećanim kapacitetom mreže, smanjenim vremenom putovanja i troškovima, zajedno sa poboljšanom pouzdanošću mreže, stvaraju poboljšanja u produktivnosti kroz ono što se ponekad naziva „ekonomija aglomeracije“ (Mulas, V., Mingos, M., Applebaum, H., 2015).

Smanjeni transportni troškovi znače da preduzeća mogu da se (Srivastava, N., Prashar, S., Surjan, A., Shaw, R. , 2012):

- povežu sa potencijalnim dobavljačima, omogućavajući im pristup kvalitetnijim i/ili jeftinijim ulazima,
- povežu sa potencijalnim kupcima, omogućavajući im da i dalje snabdevaju tržišta,
- povežu se sa širim krugom talenata na tržištu rada, omogućavajući da se veštine bolje usklade sa mogućnostima zapošljavanja.

Smanjeni transportni troškovi znače da pojedinci mogu da (Adler,F., Tanner,C., 2013):

- učestvuju na tržištu rada,
- pristupe širem spektru poslova, povećavajući šanse da pronađu poziciju koja bolje odgovara njihovim veštinama,
- povežu se sa mogućnostima za slobodno vreme i kupovinu, omogućavajući im da pristupe širem spektru proizvoda ili dođu do sličnih proizvoda po nižim cenama i pomognu da se poveća konkurentnost lokalnih preduzeća.

Kroz ove mehanizme, poboljšanja u povezivanju mogu dovesti do povećanja produktivnosti i zaposlenosti, što rezultira povećanjem ekonomske proizvodnje.

Tamo gde su investicije u transport „transformacione“, one takođe mogu uticati na lokaciju ekonomske aktivnosti, npr. omogućavajući preduzećima da se presele na produktivnije lokacije sa boljim pristupom veštinama, drugim resursima i kupcima. Ulaganje u transportnu povezanost ne samo da može uticati na obim ekonomske aktivnosti u regionu, već može uticati i na to gde se obim nalazi.

U literaturi je prepoznat okvir koji pokazuje načine na koje investicije u transport, pod pravim okolnostima, mogu da podstaknu ekonomski učinak. Ovde se naglašava kako direktni uticaji investicija mogu stvoriti tržišnu efikasnost što zauzvrat može dovesti do promena u produktivnosti i ekonomskom rastu. Mehanizmi za ostvarivanje ekonomskih uticaja uključuju (Liang, D., de Jong, M., Schraven, D., Wang, L., 2021):

- a) Prednosti za korisnike transporta. Ušteda vremena zbog skraćenog vremena putovanja i poboljšanog kvaliteta frekvencije i pouzdanosti transportnih mreža i usluga. Prednosti za korisnike transporta takođe mogu uključiti pogodnosti od poboljšanja javnog prostora i/ili atraktivnosti rute,
- b) Prednosti za ne-korisnike. U slučaju investicija u javni prevoz, one uključuju smanjene negativne eksterne efekte putovanja automobilom (tj. smanjenje zagušenja i emisije CO₂) i vrednosti opcija (tj. vrednost koja se stavlja na održavanje javnog dobra ili usluge čak i ako postoji mala ili nikakva verovatnoća da će ga pojedinac zaista ikada koristiti),
- c) Efekti produktivnosti. Uticaj na produktivnost generisan kroz efikasnost koja je rezultat poboljšane povezanosti, koja efektivno zbližava preduzeća, dobavljače i radnike. Ove pogodnosti su dodatne pogodnosti za korisnike i ne-korisnike na nacionalnom nivou,
- d) Indukovane investicije. Promene u nivou ili lokaciji ulaganja privatnog sektora kao rezultat investicije u transport. Ove pogodnosti su specifične za kontekst i mogu biti delimično izmeštene iz drugih oblasti,
- e) Uticaji na zapošljavanje. Uticaji na tržište rada koji su rezultat poboljšanja povezanosti, što može omogućiti ljudima da pređu na produktivnije poslove ili uđu na tržište rada kao rezultat smanjenih i jeftinijih putovanja na posao,

- f) Uticaji regeneracije. Lokalni ekonomski uticaji koji su rezultat poboljšanja lokalnog imidža i privlačnosti razvoja korišćenja zemljišta. U nekim slučajevima, transport može delovati kao katalizator lokalnog ekonomskog rasta.

Ove beneficije možda neće biti potpuno ostvarene na nacionalnom nivou i mogu nastati kao rezultat izmeštanja ekonomske aktivnosti sa drugih mesta.

Pored potencijalnih dugoročnih uticaja na produktivnost, izgradnja velikih infrastrukturnih projekata obezbeđuje ubrizgavanje resursa u lokalne privrede tokom izgradnje što može stvoriti nove mogućnosti zapošljavanja. Dok se ovi rashodi mogu jednostavno preusmeriti iz drugih vladinih aktivnosti, lokalni uticaji mogu biti i značajni i imati katalitički uticaj na duži rok.

5.1.3 Uticaj javnog prevoza na eliminaciju klimatskih promena na mikro nivou

5.1.3.1 Smanjenje klimatskih promena povećava upotrebu javnog prevoza

Dok transport igra ključnu ulogu u ekonomskom i društvenom razvoju, istovremeno je i jedan od najvećih potrošača fosilnih goriva i ima veliki doprinos zagađenju vazduha i generiše razne emisije koje utiču na klimu. Klimatske promene zauzvrat utiču na kritičnu saobraćajnu infrastrukturu širom sveta. S obzirom na potencijal štete, poremećaje i kašnjenja u transportu u vezi sa klimom kroz blisko povezane globalne lance snabdevanja, povećanje otpornosti na klimu kritične transportne infrastrukture je od strateškog značaja. Pronalaženje održivih transportnih rešenja, uključujući adekvatne mere za ublažavanje klimatskih promena i prilagođavanje, biće stoga centralno pitanje za postizanje ambicioznih ciljeva navedenih u Pariskom sporazumu. Tehnologija i inovacije, intermodalne veze i sistemi, kao i snažna posvećenost javnom prevozu biće vitalne komponente budućnosti transporta sa niskim emisijama ugljenika (Dizdaroglu, D., Yigitcanlar, T., Dawes, L., 2012).

Trenutno su klimatske promene jedno od najvećih i najhitnijih pitanja sa kojima se čovečanstvo suočava. To utiče na svakog od nas i svi imamo odgovornost da učinimo svoj deo u stvaranju promena. Preko 50.000 ljudi iz celog sveta okupilo se u Glazgovu, fizički i onlajn, na Konferenciji UN o klimatskim promenama u Velikoj Britaniji, inače poznatoj kao COP26. Tema konferencije bila je „Ujedinjavanje sveta u borbi protiv klimatskih promena“, stavljajući naglasak na to kako svi treba da se okupimo kako bismo se zaista suočili sa trenutnom klimatskom krizom. COP26 nas podseća na imperativnu ulogu koju javni prevoz igra u stvaranju održivije budućnosti koja je pogodnija za život.

Sa boljim, efikasnijim transportom (kao i povećanom upotrebom električnih vozila i vozila sa nultom emisijom), možemo značajno da smanjimo emisije širom sveta — a to je upravo ono što želimo da uradimo. Kada su u pitanju naša svakodnevna putovanja, mnogi od nas imaju tendenciju da teže udobnosti i ležernosti. Često je logistički zgodnije voziti pojedinačne automobile do i sa naših odredišta — ali uticaj redovnog činjenja može biti značajan. Iako promena načina na koji se krećemo možda ne izgleda tako značajna na individualnom nivou, u stvarnosti je sasvim suprotno. Samo jedan solo vozač koji prilikom odlaska na posao menja privatno vozilo sa javnim prevozom može smanjiti emisiju CO₂ u vrednosti 20 britanskih funti (GBP) dnevno – preko 4.800 GBP godišnje. Eliminisanjem jednog automobila i korišćenjem javnog prevoza, može se ostvariti ušteda do 30% emisije CO₂. Dakle, kada milioni (ili milijarde) ljudi redovno odlaze na ovakva putovanja, rezultati su monumentalni. Na primer, javni prevoz u SAD može da smanji ukupne emisije CO₂ za neverovatnih 37 miliona metričkih tona (kao i 4,2 milijarde galona benzina) godišnje (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).

Čuli smo to mnogo puta. Vožnja javnim prevozom je dobra za klimatske promene. A klimatskim promenama je sada potrebna naša pomoć više nego ikada. Upravo održivim razvojem možemo napraviti razliku promenom našeg transportnog sistema. Javni prevoz smanjuje emisije izduvnih gasova i donosi udobnost. Prevoz znači da stignemo tamo gde treba da idemo — do mesta gde živimo, gde se igramo, gde radimo. To možemo da uradimo na način koji omogućava budućim generacijama da učine isto. Vožnja kilometar dalje autobusom, u proseku, doprinosi 30% manje klimatskim promenama nego vožnja automobilom. Ovo predstavlja prosečnu popunjenost i važi za većinu glavnih tranzitnih sistema u zemlji. Vožnja železnicom je još bolja mogućnost. Vožnja bicikla ili šetanje, spuštaju emisije izduvnih gasova emisije na nulu. Svako putovanje koje obavimo van automobila čini malu razliku u smanjenju ugljeničnog otiska (Francés, R.S., Valle, S.G., Rueda, N.G., Lucchitta, B. Croci, E. , 2021).

Kao odgovor na klimatske promene, gradovi širom sveta već sprovode ambiciozne akcije za smanjenje (ublažavanje) emisija zajedno sa naporima da povećaju svoju otpornost na klimu (prilagođavanje), da zaštite građane i infrastrukturu od trenutnih i budućih ekstremnih vremenskih pojava. Od glavnih 40 evropskih i svetskih gradova, 97% gradova već doživljava posledice klimatskih promena, a glavne klimatske opasnosti koje gradovi prijavljuju su: oluja i vetar, poplava, podizanje nivoa mora, toplota, suša,

klizište. Ključno je da investicije koje gradovi ulažu u tranziciju ka nultom nivou ugljenika utiču na sadašnju i buduću klimu i ekstremne vremenske prilike. Dok dobro funkcionisanje saobraćaja igra ključnu ulogu u gradovima za pristup obrazovanju, zapošljavanju i osnovnim uslugama, u isto vreme, transportni sistemi su veoma ranjivi na ekstremne vremenske prilike, za koje se predviđa da će se povećati u intenzitetu i učestalosti sa globalnim klimatskim promenama (McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. , 2015).

Planeri saobraćaja imaju odgovornost da planiraju, razviju i vode sisteme javnog prevoza u svojim gradovima, koji imaju za cilj nultu emisiju ugljenika i koji su otporni na promenljive klimatske uticaje. Saradnja između transportnih planera i timova za klimatsku adaptaciju ili otpornost u svakom gradu je ključna da bi se osiguralo da su projekti masovnog tranzita prilagođeni klimatskim promenama i da rade ispravno tokom kritičnih događaja (Grafius, D.R., Corstanje, R., Warren, P., Evans, K.L., Hancock, S., Harris, J., 2016).

Integrisanje razmatranja klimatske adaptacije u sisteme javnog prevoza idealno počinje u fazi planiranja transportnih projekata. Nakon što se identifikuju klimatski rizici, sprovode se i prate odgovarajuće akcije prilagođavanja zajedno sa projektom masovnog tranzita. Međutim, adaptacija ne treba da se razmatra samo u početnim fazama projekta, već se može i „dodati“ na već postojeću infrastrukturu masovnog prevoza. Efikasno prilagođena i otporna infrastruktura tranzitnih sistema takođe može igrati ulogu klimatskih skloništa, odnosno sigurnih i udobnih mesta na koja se stanovništvo može osloniti tokom ekstremnih vremenskih prilika (La Notte, A., Zulian, G. , 2021).

5.1.3.2 Primeri mera prilagođavanja klimatskim promenama integrisanih u sisteme masovnog tranzita

U nastavku teksta predložene su neke od mera prilagođavanja klimatskim promenama integrisanih u sisteme masovnog tranzita (Kellogg, S.T. , 2021):

1) Poplave

a. Ulice, tranzitne rute i koridori

- Izbegavanje novih koridora za masovni prevoz u područjima sklonim poplavama. Plan za procenu rizika gradova za modeliranje rizika od poplava i identifikovanje alternativnih puteva,

- Podizanje postojećih železničkih pruga u područjima podložnim poplavama,
- Upotreba poroznih trotoara na ulicama u područjima podložnim poplavama,
- Izrada električne infrastrukture (postrojenja i distribucije) otporne na poplave,
- Izgradnja rezervoara za vodu, kaptaže i drenaže prilikom izgradnje novih ulica ili tranzitne infrastrukture. Prilikom otkopavanja zemlje, vrše se i drugi mogući prizemni radovi, npr. hlađenje toplovodne mreže, strategija ozelenjavanja.

b. Tranzitne stanice

- Povišene stanice brzog autobuskog prevoza (BRT - Bus Rapid Transit) i ulazi u metro (obezbeđuju bezbedan pristup za sve sa rampama),
- Izbegavanje podzemnih ili niskih depoa (sklonih poplavama) za autobuske flote.

2) Ekstremna toplota

a. Ulice, tranzitne rute i koridori

- Hladiti trotoare (sa većom sunčevom refleksijom) na autobuskim rutama i u čekaonicama na nižu temperaturu,
- Ozelenjavanje tranzitnih puteva: npr. trava na tramvajskim prugama za snižavanje površinske temperature ili ulično drveće za stvaranje senke,
- Ozelenjavanje i senčenje glavnih prilaznih puteva za pešačenje i biciklizam.

b. Tranzitne stanice

- Senčenje i ozelenjavanje tranzitnih stanica (npr. zeleni zidovi, hladni krovovi),
- Sistemi zamagljivanja čekaonica (svesni potreba za energijom i vodom),
- Česme za piće.

c. Vozila

- Bela boja na krovovima autobusa,
- Zatamnjeni prozori za zaštitu od sunca,
- Instalacija termometarskih displeja unutar vozila, za lakše praćenje uslova u tranzitu od strane korisnika,
- Ventilacioni sistemi autobusa i metroa (niskoenergetski sistemi).

3) Podizanje nivoa mora/reka

a. Napajanje

- Instaliranje rezervnog napajanja za pumpe metroa i za punjenje električnih flota u slučaju oštećenja,
- Pronaći sistem koji radi na generatorima zgrade.

b. Stanice i infrastruktura

- Preispitati instalaciju ili temeljno izolovati električnu infrastrukturu unutar obalnog zemljišta pogođenog plimom, olujnim udarom ili porastom nivoa mora,
- Proceniti salinitet i uticaje bočne sile na zgrade i infrastrukturu od prodora morske vode,
- Unaprediti zaštitne mere duž obalnih ruta, kao što su morski zidovi, zaštita obale.

5.1.4 Uticaj javnog prevoza na životnu sredinu

Kako pitanja životne sredine postaju sve važnija tema za sve nas, javni prevoz počinje da dobija svoj značaj kada je u pitanju smanjenje nacionalnih i globalnih emisija. Ipak, mnogi od nas koriste javni prevoz ne razmišljajući o tome kako dobro činimo za životnu sredinu. Javni prevoz može smanjiti negativne efekte koje emisije automobila imaju na životnu sredinu smanjenjem broja vozila koja emituju zagađivače na putu (Automobili, 2020).

Javni prevoz ima širok spektar prednosti, od kojih neke pomažu životnoj sredini. Poznavanje ovih prednosti može u velikoj meri uticati na izbor dnevnog prevoza. Neki načini na koje javni prevoz može pomoći životnoj sredini su (Santos, D. , 2022):

- a) Da bi se smanjile emisije gasova sa efektom staklene bašte, od ključne je važnosti smanjenje emisija koje nastaju tokom svakodnevnih putovanja na

posao. Odabirom korišćenja javnog prevoza umesto vožnje individualnim automobilima, mogu se ostvariti značajni pozitivni efekti,

- b) Povećava efikasnost goriva — Javni prevoz ima bolju potrošnju goriva od ostalih putničkih vozila. Ako se pomnože prosečni kilometri po litru sa brojem automobila na putu u odnosu na tranzitne autobuse ili vozove, javni prevoz troši manje goriva,
- c) Smanjuje zagušenje u saobraćaju — Zagušenja u saobraćaju se povećavaju sa brojem automobila na putu. Korišćenje javnog prevoza može smanjiti tu gužvu. Kada se smanji gužva u saobraćaju, zagađenje vazduha će se smanjiti i sa manjim brojem vozila u praznom hodu.

Korišćenje javnog prevoza može biti odličan način da se pomogne životnoj sredini. Smanjenje emisije gasova i zagušenja saobraćaja, kao i povećanje efikasnosti goriva mogu napraviti veliku razliku u životnoj sredini. Prelazak na javni prevoz može samo povećati te pogodnosti i način života ljudi (Adler, F., Tanner, C., 2013).

Automobili značajno doprinose zagađenju vazduha tako što proizvode azot-oksidi, ugljen monoksid i čestice. Svake sekunde, dva automobila se priključe putu — produkujući otprilike 67 miliona automobila godišnje. Što je više automobila na putu, to više doprinose globalnom zagrevanju, kiselim kišama i štetnosti po životnu sredinu (Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleutério, A.A., MacGregor Fors, I., Reyes Paেকে, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D., & Hernández, H.J., 2018).

5.1.5 Uticaj javnog prevoza na bolju bezbednost na putu

Povrede u saobraćaju su 10. vodeći uzrok smrti u svetu, odgovorni su za oko 1,3 miliona smrtnih slučajeva svake godine, a 90% ovih žrtava se dešava u zemljama u razvoju. Svake godine na svetskim putevima bude povređeno oko 50 miliona ljudi. Zbog toga je jedan od glavnih prioriteta nacionalnih vlada nalaženje načina kako javni prevoz može doprineti ciljevima održivog razvoja, težeći sigurnim i održivim gradovima (Horgan, D., Baum, T., 2022).

Prepoznajući prepreku koju saobraćajne povrede predstavljaju za razvojne napore, Agendi za 2030. godinu dodat je poseban cilj održivog razvoja (SDG - Sustainable Development Goals). Cilj zahteva smanjenje broja smrtnih slučajeva u saobraćaju za 50% do 2020. godine. Ciljevi održivog razvoja takođe identifikuju rešenja za izazove bezbednosti na putevima u urbanim sredinama. SDG 11.2 prepoznaje važnost

pristupa bezbednom i održivom sistemu gradskog prevoza za sve, posebno se pozivajući na „poboljšanje bezbednosti na putevima, posebno širenjem javnog prevoza“. Kreatori politike sve više koriste pristup „Bezbednog sistema“ i strategije „Vision Zero“²⁶ kako bi poboljšali bezbednost na putevima. Ovi stavovi prebacuju odgovornost za bezbednost na putevima sa pojedinačnog korisnika puta na one koji su odgovorni za različite funkcije transportnog sistema. Fokus je na putevima, vozilima i zainteresovanim stranama koji koriste sistem drumskog transporta. Kako su vlasti i operateri javnog prevoza vitalne funkcije transportnog sistema, oni mogu igrati ključnu ulogu u narednoj dekadi (Kremer, P., Hamstead, Z.A., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabisch, N., Larondelle, N., Rall, E.L., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez Baggethun, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J., 2016).

Decenija akcije UN (2010-2020) i Urbana agenda UN, prihvataju principe bezbednog sistema i podstiču promociju i korišćenje javnog prevoza kako bi pomogli u rešavanju problema bezbednosti na putevima. Uloga javnog prevoza se trenutno zanemaruje u većini planiranja bezbednosti na putevima, iako su gradovi sa višim nivoom javnog prevoza dokazali da su prepolovili stopu smrtnosti u saobraćaju. Ovo veliko smanjenje je povezano sa činjenicom da veća upotreba javnog prevoza i kompaktan razvoj smanjuju oslanjanje na korišćenje privatnog prevoza. Aktivnosti preduzete u okviru nove decenije takođe će uticati na drugu održivost, npr. manje korišćenja automobila u gradovima zahvaljujući javnom prevozu u kombinaciji sa bezbednijim okruženjem za pešake i bicikliste smanjiće emisiju CO₂, poboljšati kvalitet vazduha, smanjiti gužve – i pomoći razvoju aktivnije i zdravije populacije. Kao ilustracija dobre prakse, Delhi Metro (Indija) prevozi 2,8 miliona putnika dnevno, zamenjujući 400.000 vozila na putu, štedeći 300.000 tona uvoza nafte godišnje i sprečavajući 70 tona zagađivača svakog dana. Putnici štede 32 minuta svog putovanja i izbegne se oko 135 smrtnih slučajeva na putu godišnje (Jacob,B., Cottineau,L.M., 2016).

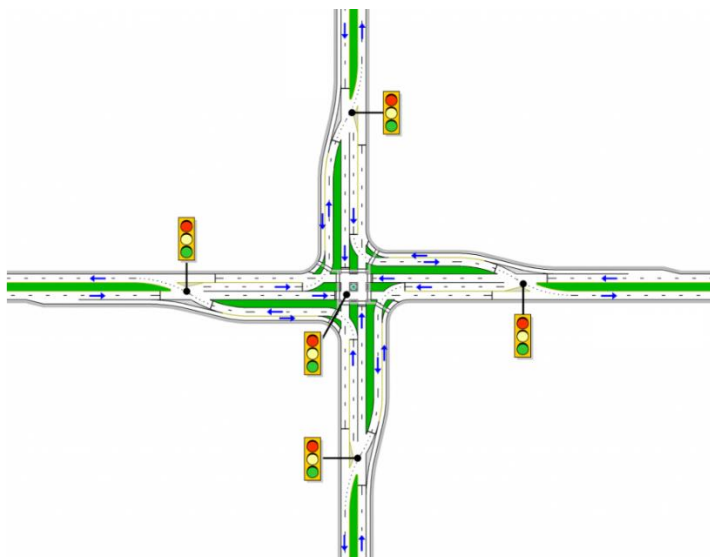
²⁶ Koncept „Vision Zero“ rođen je u Švedskoj 1994. godine, a inicijativu je usvojio švedski parlament 1997. godine. To je bio najambiciozniji okvir za bezbednost na putevima ikada primenjen, postavljajući cilj nula smrtnih slučajeva ili ozbiljnih povreda na putevima u Švedskoj. Vision Zero je zasnovana na pristupu „bezbednog sistema“ – metodologiji koja prepoznaje da ljudi prave greške, a dizajneri puteva, planeri transporta i savetnici za politiku moraju to uzeti u obzir. Pristup priznaje ulogu sprovođenja, prikupljanja podataka, dizajna infrastrukture, ograničenja brzine, tehnologije i ponašanja u vožnji u radu na poboljšanju bezbednosti na putevima.

Pojavljuje se potreba da se uspostavi novi cilj UN za bezbednost na putevima za 2030. godinu, kako bi se prepolovio broj smrtnih slučajeva na putevima i ozbiljne povrede. Investicije javnog prevoza u infrastrukturu i usluge pružaju novu priliku da se osigura da bezbednost na putevima privlači sredstva koja očigledno zaslužuje (ThoughtLab, 2022).

5.2 Javna akcija za rekonstrukciju saobraćajnica, u cilju smanjenja zagađenja

5.2.1 Raskrsnica sa paralelnim tokom

Raskrsnica sa paralelnim tokom je nova saobraćajna inovacija koja može da smanji kašnjenje vozila za čak 90% u odnosu na uporedivu tradicionalnu signalizovanu raskrsnicu, jer paralelni tok ima manje faza po ciklusu signala. Ova povećana efikasnost se postiže organizovanjem skretanja ulevo neposredno pre glavne raskrsnice korišćenjem frontalnog puta duž poprečne ulice (Stanković, S., Tadić, Z., Vasković, V., Ljubojević, M., 2019). Kretanje korišćenjem levog skretanja tada može da se odvija u istoj fazi signala kao i kretanje poprečne ulice. I za razliku od mnogih nekonvencionalnih dizajna raskrsnica, raskrsnica paralelnog toka omogućava intuitivna direktna skretanja ulevo skoro sa iste lokacije trake za zaustavljanje kao i tradicionalni signal (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).



Slika 14. Raskrsnica sa paralelnim protokom (Izvor: Khuong,M., McKenna,P., Fichtner, W. , 2019)

5.2.1.1 Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na tradicionalne raskrsnice

Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na tradicionalne raskrsnice su (Liang, D., de Jong, M., Schraven, D., Wang, L., 2021):

- Može da smanji kašnjenje vozila za preko 80% zakrčenih tradicionalnih raskrsnica,
- Veća bezbednost bez dozvoljenog skretanja ulevo, pešačkih ostrva i manje zagušenja i zaustavljenih vozila,
- Manje faza po ciklusu signala i kraće dužine ciklusa jednake su manjem izgubljenom vremenu,
- Manja potrošnja goriva,
- Poboljšava kvalitet vazduha,
- Kanalizovana ostrva stvaraju mogućnosti za uređenje pejzaža,
- Manje konfliktnih tačaka,
- Brza konverzija sa postojećih tradicionalnih raskrsnica i sigurnije radne zone jer se većina radova odvija spolja,
- Fleksibilna geometrija koja odgovara različitim fizičkim zahtevima lokacije,
- Intuitivnija za vožnju od većine nekonvencionalnih dizajna raskrsnica,
- Može se konstruisati u različitim varijantama raskrsnica ili petlji.

5.2.1.2 Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na tradicionalne petlje

Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na tradicionalne petlje su (Penco, L., Ivaldi, E., Ciacci, A., 2021):

- Kapacitet se približava ili premašuje arterijske petlje bez mostova ili potpornih zidova,
- Mnogo niža cena i manje kašnjenja na raskrsnicama arterija,
- Potrebno je znatno manje vremena za projektovanje i izgradnju i bezbednije radne zone,
- Znatno manji vizuelni uticaj,
- Manje buke,
- Izvodi se u fazama (dva kraka pa druga dva po potrebi) dok petlje moraju biti u potpunosti izgrađene za saobraćaj u projektovanoj godini.

5.2.1.3 Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na raskrsnicu kontinuiranog protoka

Prednosti raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na raskrsnicu kontinuiranog protoka su (Radosavljević, J., 2008):

- Intuitivnije (levo skretanje nije pomerenom),
- Zahteva 50% manju dužinu pristupa,
- Manji rizik od pogrešno procenjenog manevra ukrštanja i frontalnih sudara,
- Manji rizik sa nepravilnim skretanjima (npr. nepravilno skretanje ulevo na raskrsnici sa kontinuiranim protokom može biti sudar pri velikoj brzini),
- Rezultat je više prostora između susednih raskrsnica glavnih ulica za promenu trake,
- Manje uticaja na imovinu i prilaz,
- Nema znakova vođića iznad glave,
- Nešto veći kapacitet sa većom jačinom skretanja udesno,
- Jednostavnije vreme, rad i dizajn signala,
- Brža konverzija postojeće raskrsnice ako nema promena (dodavanje ili produženje trake) traka za levo skretanje.

Izbor između ove dve raskrsnice u velikoj meri zavisi od lokacije. Petlja (ili razdvajanje nivoa) bi trebalo da bude krajnja opcija kada se pokaže da su kružni tok i dvofazni projekti na nivou nedovoljni za prilagođavanje obimu saobraćaja u godini projektovanja. Petlje su skupe, potrebno je mnogo vremena da se ukinu propisi, imaju veći uticaj i često degradiraju rad na arteriji (u korist kretanja autoputem).

5.2.1.4 Prednost raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na modernu kružnu raskrsnicu

Prednost raskrsnice sa paralelnim tokom u odnosu na modernu kružnu raskrsnicu su (Santos, D., 2022):

- Mnogo veći kapacitet od kružnog toka sa tri ili četiri trake.

Moderna kružna raskrsnica namenjena je za mali do srednjeg obima saobraćaja (< 4.500 vozila po satu) ili osim ako uslovi na lokaciji ne nalažu drugačije, kao što su 3+ prilazne trake ili uticaji veoma visokih troškova dvoifazne raskrsnice – uglavnom za velike količine saobraćaja (> 4.500 vozila po satu).

- PFI i CFI mogu prihvatiti obim saobraćaja koji prelazi 10.000 vozila na sat sa 3 ili 4 prolazne trake.

Savremene kružne raskrsnice i dvofazne raskrsnice (PFI - Parallel Flow Intersection i CFI - Continuous Flow Intersection) nisu konkurentski projekti, već imaju različite saobraćajne kapacitete. Modernu kružnu raskrsnicu treba tretirati kao prednost u odnosu na bilo koju signalizovanu raskrsnicu gde kružni tok ima adekvatan kapacitet (na najviše tri kružne trake do približno 4.500 vozila na sat i maksimalno dve prilazne trake). Ovo je zbog superiorne bezbednosti kružnog toka i drugih prednosti u odnosu na signale. Ali kada obim saobraćaja premašuje kapacitet kružne raskrsnice, PFI i CFI bi trebalo da se smatraju poželjnijim od izgradnje petlje.

5.2.2 Raskrsnica sa kontinualnim protokom

Često, kada područje raste brže nego što lokalni putevi mogu da izdrže, raskrsnice su praćene vozačima koji skreću levo, popunjavaju traku za skretanje i uključuju se u saobraćaj. Vozači koji skreću ulevo moraju da sačekaju nailazeći saobraćaj, dok vozači iza formiraju kolone vozila za skretanje i moraju da čekaju pre nego što prođu kroz raskrsnicu. Ovo se često dešava oko razvijenih tržišnih centara i preduzeća. U prometnim područjima mogu se stvoriti duge kolone i frustracije vozača. Rešenje je u dizajnu raskrsnice sa kontinuiranim protokom (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

Raskrsnica sa kontinualnim protokom (CFI), takođe nazvana raskrsnica sa pomeranjem levog skretanja, je jedinstven, efikasan dizajn koji može eliminisati zagušenje izazvano vozačima koji skreću levo. CFI dizajn omogućava vozačima koji skreću levo da započnu skretanje na raskrsnici kontrolisanoj signalom znatno pre raskrsnice. Ovo omogućava da se skretanje levo odvija istovremeno sa prolaznim saobraćajem. Vozači koji žele da nastave napred mogu da ostanu u pokretu umesto da budu zaglavljani iza nekoga ko ne može da prođe kroz raskrsnicu.

Kod ove vrste petlje, jedan saobraćajni signal koji se normalno menja između osam različitih kretanja na raskrsnici zamenjuje se sa tri signala koji kontrolišu samo dva odvojena kretanja na svakom signalu. Postoji mogućnost da se vozač zaustavi tri puta: jednom na signalu srednjeg bloka dok se približava raskrsnici, drugi put na raskrsnici i treći put na signalu srednjeg bloka nakon napuštanja raskrsnice. Međutim, uz pažljivu koordinaciju signala, saobraćaj može da nastavi da teče mnogo efikasnije, bezbednije i nesmetano bez potencijalnih zaustavljanja.



Slika 15. Raskrsnica sa kontinuiranim protokom (Izvor: Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021)

5.2.3 Kontrole oticanja

Kontrole oticanja su od suštinskog značaja za sprečavanje da zagađeno oticanje sa puteva, autoputeva i mostova dospe u površinske vode. Erozija tokom i nakon izgradnje puteva, autoputeva i mostova dovodi do taloženja sedimenta koji može ugušiti vodeno stanište i začepiti vodene puteve (EC, 2020).

Teški metali, ulja, druge toksične materije i ostaci iz građevinskog saobraćaja i izlivanja mogu se apsorbovati u tlo na gradilištima i sa oticajnom vodom dospeti do jezera, reka i zaliva. Mere kontrole oticanja mogu se instalirati u vreme izgradnje puta, autoputa i mosta kako bi se smanjilo zagađenje oticanjem tokom i nakon izgradnje. Takve mere mogu efikasno smanjiti ulazak zagađujućih materija u površinske i podzemne vode i zaštititi njihov kvalitet, riblja staništa i javno zdravlje. Pesticidi i đubriva koja se koriste duž puta i susednog zemljišta mogu da zagađuju površinske i podzemne vode kada se filtriraju u zemljište ili ih odnosi vetar sa područja gde se primenjuju.

5.2.4 Skretanje udesno

U urbanim sredinama, jedan od problema koji izaziva zagušenje u saobraćaju jesu i skretanja u levu stranu, u određenim raskrsnicama. U trenucima određenog „saobraćajnog špica“, kada veliki broj vozila protiče kroz jednu raskrsnicu, vozila koja skreću u levu stranu usporavaju saobraćaj. Dešava se da kolona vozila stoji u mestu sa upaljenim motorima i intenzivira emisiju štetnih gasova u gradsku atmosferu (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).

Praktično rešenje ovog problema jeste rekonstrukcija saobraćajnih tokova u gradovima. To je deo šireg urbanističkog plana i dugoročno rešenje. Rekonstrukcija saobraćajnica sa ciljem povećanja broja skretanja u desno i smanjenja broja velikih raskrsnica ima nekoliko prednosti koje doprinose boljem protoku saobraćaja i smanjenju gužvi.

Skretanja u desno omogućavaju vozačima da se brže i efikasnije presele na bočnu ulicu ili drugu saobraćajnicu. Kada postoji veći broj skretanja u desno, vozila koja idu pravolinijski mogu neometano prolaziti, dok se vozila koja žele skrenuti obično brže odvajaju sa glavne putanje.

Velike raskrsnice često predstavljaju uska grla koja usporavaju protok saobraćaja. Smanjenje broja velikih raskrsnica doprinosi smanjenju zastoja i gužvi jer se smanjuje broj vozila koji se moraju zaustavljati i čekati na semaforima ili pravilima prvenstva prolaza.

Skretanja u desno mogu poboljšati bezbednost saobraćaja jer smanjuju broj situacija u kojima se vozila susreću pod ostrim uglom. Skretanja u desno obično uključuju manje uglove i manje šanse za sudare u poređenju sa skretanjem u levo. Takođe, smanjenje broja velikih raskrsnica može smanjiti rizik od sudara jer se smanjuje broj tačaka gde se vozila presecaju.

Sa većim brojem skretanja u desno, pešaci i biciklisti mogu prelaziti ulicu bez zastoja jer se vozila ne zaustavljaju tako često. To može pomoći u povećanju bezbednosti pešaka i biciklista, kao i smanjenju vremena čekanja na raskrsnicama. Osim toga, izgradnja kružnih tokova i nadvožnjaka doprinosi rasterećenju saobraćaja.

5.3 Promocija alternativnih goriva (vodonik)

Gradovi su oduvek bili mesta gde se inovacije pojavljuju i napreduju. Ovaj novi tip organizacije društvenog života formiran je usled novih očekivanja i društvenih potreba koje su se javljale u određenim fazama razvoja civilizacije, posebno u periodima naročito ubrzanih promena. Grad je multifunkcionalna socio-prostorna sredina u okviru koje su potrebe i težnje vezane za organizaciju društvenog života, sferu politike, obavljanje privrednih zadataka, akumulaciju i širenje kulturnog nasleđa, što su najočiglednije urbane funkcije. Sve ovo proces urbanizacije čini jednim od najkarakterističnijih fenomena 21. veka, a sve ekonomske i demografske prognoze ukazuju da će on nastaviti da bude i dalje tako dinamičan. Početkom 19. veka u gradovima je živelo manje od 2,5% stanovništva, 1950. godine oko 30%, a početkom 21. veka broj gradskog stanovništva porastao je na skoro 50%. Prema različitim prognozama, proces urbanizacije će nastaviti da se intenzivira i do sredine 21. veka, dva od tri stanovnika sveta živeće u urbanizovanim područjima (Clement, S. , 2021).

Zelene tehnologije se sve više primenjuju u saobraćaju. Primena je posebno zastupljena u ekonomskim razvijenim zemljama, međutim, u poslednje vreme se sve češće rade studije izvodljivosti za velike gradove zemalja u razvoju, gde kao posledica razvoja figurira enormno zagađenje vazduha na areama tih gradova. Egzistiraju brojni problemi u urbanim ekosistemima koji iziskuju upotrebu zelenih tehnologija, koje su put ka održivom saobraćaju, kao što su: saobraćajne gužve, duže putovanje na posao, poteškoće kod nemotorizovanog prevoza, veliki troškovi održavanja infrastrukture, uticaji na životnu sredinu i potrošnju energije, nesreće i sigurnost, te distribucija tereta (Sagheb, A., Esra'a, A., Ehsan, V., 2021).

Istraživanja pokazuju da, uzimajući u obzir i prednosti i nedostatke različitih tipova javnog prevoza (tabela 9.), globalni trendovi razvoja idu ka korišćenju električnih autobusa na pogon gorivnim ćelijama.

Tabela 9. Prednosti i nedostaci različitih tipova autobusa na alternativni pogon (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A., 2022)

Gorivo	Prednosti	Nedostaci
Gas	Niska cena gasa	Potreban pristup gasovodu
Električna energija	Niska cena električne energije Nulta emisija Tih EU finansiranje	Visoki troškovi nabavke (do 2,5 puta skuplje od dizela) Visoki troškovi zamene baterije Neophodna infrastruktura Potrebno definisati model voznog parka potrebama
Hibridna	Niski troškovi goriva Delimična nulta emisija	Visoki troškovi nabavke (do 2,5 puta skuplje od dizela) Tehnički kompleksni Ušteda zavisi od pravca kretanja
Vodonik	Nulta emisija Tih Veći domet u odnosu na električna vozila	Visoki troškovi nabavke (do 2,5 puta skuplje od dizela) Nedostatak potrebne infrastrukture

5.3.1 Prednosti upotrebe vodoničnog goriva

Važno alternativno gorivo, koje se može posmatrati kao produkt zelene tehnologije jeste vodonik. Vodonik je čisto gorivo koje, kada se troši u gorivnoj ćeliji, proizvodi samo vodu kao output. Vodonik se može proizvoditi iz različitih resursa, kao što su prirodni gas, nuklearna energija, biomasa i obnovljivi izvori energije poput sunca i vetra. Ove osobine ga čine atraktivnom opcijom goriva za transport i za proizvodnju

električne energije. Može se koristiti u vozilima, stambenim jedinicama, za prenosive uređaje i u mnogim drugim aplikacijama. Vodonik je nosilac energije koji se može koristiti za skladištenje, transport i isporuku energije proizvedene iz drugih izvora. Danas se vodonično gorivo može proizvesti korišćenjem nekoliko metoda. Najčešće su metode transformisanja prirodnog gasa (termički proces) i elektroliza. Ostale metode uključuju solarne i biološke procese. Vodonične gorivne ćelije predstavljaju tehnologiju koja obećava. Međutim, veliki potencijal ovih uređaja zahteva snažne napore u istraživačkim i razvojnim aktivnostima. Pored poboljšanja performansi, izdržljivosti, pouzdanosti i sniženja troškova, njihova minijaturizacija ostaje kritična tačka za povećanje njihove specifične snage. Svi veliki proizvođači vozila su predstavili vozila sa vodonikom kao pogonskim gorivom i, na taj način, poslali signale da vodonik ima budućnost kao pogonsko gorivo (Kumar, S., Sahay, A. , 2022).

Tradicionalni motori sa unutrašnjim sagorevanjem mogu učiniti vozilo teškim i manje efikasnim. Umesto motora sa unutrašnjim sagorevanjem, vozila na vodonik imaju vodonične gorivne ćelije, koje efikasnije pretvaraju energiju u električnu. Gorivne ćelije pretvaraju hemijsku energiju goriva u električnu energiju i mogu biti dva do tri puta efikasnije od motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Gorivne ćelije čine vozilo efikasnijim i tišim, jer ima manje vibracija od pokretnih delova. Vodonično gorivo omogućava vozilima da putuju na veće udaljenosti uz manje dopunjavanja goriva, tako da je idealno za punjenje teških traktorskih prikolica i autobusa javnog prevoza, koji putuju stotinama milja u isto vreme. Vozila sa nultom emisijom, kao što su javni autobusi na vodonične gorivne ćelije i kamioni za odvođnjavanje, mogu da miruju bez doprinosa zagađenju vazduha. Vozači mogu da drže svoja vozila uključena dok su zaustavljena da bi obezbedili hlađenje ili grejanje radi udobnosti (Dong, C., Akram, A., Andersson, D., Arnäs, P.-O., Stefansson, G. , 2021).

Mobilnost sa nultom emisijom u gradskim okvirima je sada pre neophodnost nego opcija. Ovo se globalno vidi kroz sve veći broj sistema javnog prevoza koji uvode električne autobuse na baterije (BEB - Battery Electric Buses) i električne autobuse sa vodoničnim gorivnim ćelijama (FCEB - Fuel Cell Electric Buses) kao alternative sa nultom emisijom u svoje vozne parkove. Kako flote autobusa sa nultom emisijom prelaze sa početnih pilot flota na masovno korišćenje, mnoge lokalne vlasti i operateri otkrivaju da ne mogu da ispune svoje potrebe samo sa BEB. Za mnoge rute, samo FCEB imaju

prednost u performansama da zamene tradicionalne dizel modele, zbog njihovog brzog punjenja goriva i većeg dometa, što znači da se prelazak na nultu emisiju može izvršiti bez ugrožavanja ruta, rasporeda ili postojećih operacija depoa. Jasan put napretka se stvara i mnogi se pridružuju – jedna nedavna inicijativa je dovela do toga da se vlada Ujedinjenog Kraljevstva obavezala da će dekarbonizirati sav drumski transport do 2040. godine, uz obećanje od 200 miliona GBP za šemu regionalnih autobuskih područja nulte emisije (ZEBRA - Zero Emission BUS Rapid-deployment Accelerator), demonstrirajući snažan fokus na autobuse kako bi ispunili transformativne ciljeve sa nultom neto emisijom za transport teških tereta (Feng, T., Huang, Y., Zhou, B., 2022).

Vodonik se prodaje po kilogramu. Energija u jednom kilogramu vodonika jednaka je jednom galonu benzina. Vodonik može napuniti rezervoar vozila za nekoliko minuta, kao benzin na pumpi. Danas, oko 50 američkih benzinskih stanica obezbeđuje vodonik za podršku više od 12.000 vozila sa pogonom na vodonične gorivne ćelije i skoro 70 autobusa. Cena vodonika varira u zavisnosti od različitih faktora (ponuda/potražnja, region dostave, specifični zahtevi kupca, namena) i kreće se preko 13 USD po kilogramu, ali kako tehnologija napreduje i troškovi se smanjuju, vodonično gorivo će postati pristupačnije (Gondhalekar, D., Akhtar, A., Keilmann, P., Kebschull, J., Nussbaum, S., Dawa, S., Namgyal, P., Tsultim, L., Phuntsog, T., Dorje, S., Mutup, T., Namgail, P., 2014).

Vozila sa pogonom na vodonične gorivne ćelije putuju na veće udaljenosti koristeći manje energije. Jedan kg vodonika sadrži otprilike istu energiju kao galon benzina. Danas električno vozilo sa gorivnim ćelijama sa 1 kg vodonika može da pređe oko 86 km, u poređenju sa konvencionalnim vozilima, koja pređu oko 40 km sa 1 galonom goriva. Uz kontinuirano unapređenje tehnologije, Ministarstvo energetike SAD (DOE - Department of Energy) radi na povećanju efikasnosti goriva do skoro 160 km za 1 kg vodonika. Cilj je da smanji cenu čistog vodonika na 1 USD/kg u roku od jedne decenije kako bi vodonik postao lakše dostupan.

5.3.2 Nedostaci upotrebe vodoničnog goriva

Neophodno je istaći i nedostatke vezane za vozila koja koriste vodonik kao svoje pogonsko gorivo. Zeleni vodonik proizveden iz elektrolize (visokoenergetski proces) i obnovljivih izvora energije je skupa opcija, koja čini samo oko 5% ukupne proizvodnje vodonika. Trenutno velika većina svetske proizvodnje vodonika potiče iz izvora fosilnih

goriva (reforma metana) i to će se činiti u narednih nekoliko decenija. Međutim, kako se povećavaju proizvodni kapaciteti za efikasnije i ekonomičnije elektrolizatore, očekuje se da će se troškovi proizvodnje znatno smanjiti zajedno sa uvođenjem novih tehnologija i kapaciteta za proizvodnju obnovljive energije. Da bi se proizveo siguran, elastičan i dekarbonizovan energetska sistem, proizvodnja i skladištenje vodonika u velikim količinama igraće važnu ulogu u balansiranju povremenih isporuka energije iz obnovljivih izvora sa potrebama krajnjih korisnika. Kao osnovni nedostaci vodonika kao pogonskog goriva figuriraju (Dong, C., Akram, A., Andersson, D., Arnäs, P.-O., Stefansson, G. , 2021):

- ekstrakcija vodonika,
- skupe investicije,
- skupa sirovina,
- skladištenje vodonika.

5.3.3 Komparacija vozila na pogon vodoničnim gorivnim ćelijama sa električnim vozilima

Uvođenje električnih vozila (EV - Electric Vehicles) u gradski saobraćaj svakako bi smanjilo zagađivače kao i zagađenje bukom, što su glavni razlozi njihove primene. Danas postoji nekoliko vrsta električnih vozila, a najveća razlika se manifestuje u izvoru energije. Iako većina električnih vozila ima bateriju velikog kapaciteta, postoji i druga vrsta pogona koja je alternativa klasičnom EV u smislu vremena punjenja (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

Ekološka prihvatljivost vozila je zadovoljena ako pogonski sistem ne proizvodi štetne gasove, a štaviše, iz tog razloga se i proizvode vozila sa alternativnim pogonskim sistemima. Idealan pogonski sistem ispunjava ekološke kriterijume i stoga se sistem propulzije na vodonik može klasifikovati u ovu kategoriju jer emituje vodenu paru kao izduvni gas. Uticaj korišćenja tehnologije gorivnih ćelija na životnu sredinu zavisi od proizvodnje vodonika koji se koristi kao pogonsko gorivo. Proizvodnja vodonika vrši se elektrolizom vode uz pomoć električne energije koja se može koristiti iz obnovljivih izvora energije ili fosilnih goriva. Ako se električna energija za proizvodnju vodonika dobija pomoću fosilnih goriva, takva vozila i dalje imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Međutim, vozila na vodonik koji se dobija elektrolizom koristeći električnu energiju iz obnovljivih izvora energije smatraju se vozilima koja su potpuno ekološki

prihvatljiva (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

Vozilo na vodonik koristi tehnologiju gorivnih ćelija, ali se zbog upotrebe električnog motora smatra električnim vozilom ili električnim vozilom sa gorivnim ćelijama (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle). Najveća razlika između FCEV i EV se manifestuje u samostalnoj proizvodnji električne energije u FCEV. Procesom reverzne elektrolize vodonik reaguje sa kiseonikom u gorivnoj ćeliji i kao rezultat reakcije stvara električnu energiju, toplotu i vodu, emitovanu kroz izduvne gasove u vidu vodene pare. Vodonik se stavlja u jedan ili više rezervoara ugrađenih u FCEV, dok kiseonik dolazi iz ambijentalnog vazduha. U skladu sa potrebama vožnje, električna energija proizvedena u gorivnim ćelijama može ili otići direktno u elektromotor ili biti „skladištena“ u bateriji. S obzirom na mogućnost proizvodnje električne energije, FCEV ima prednost u odnosu na EV u pogledu manjih i lakših baterija. Kao i druga EV, FCEV imaju sposobnost da regenerišu energiju kočenja pomoću elektromotora koji pretvara kinetičku energiju u električnu, a zatim je skladišti u bateriju (Wu, L., Ci, Y., Wang, Y., Chen, P., 2020).

Proizvodnja vozila na vodonik još nije industrijalizovana zbog visoke cene proizvodnje takvih vozila, na koju utiče vrsta materijala. Upotreba gorivnih ćelija ili električne energije koja se proizvodi u vozilima na vodonik zahteva skupu platinu koja se koristi za svrhe katalizatora. Energetska efikasnost vodonika kao goriva obuhvata šire aspekte od same upotrebe vozila. Transport i skladištenje vodonika su ključni faktori koji utiču na ukupnu efikasnost vodonika kao alternativnog goriva. Za lakši transport i skladištenje, vodonik je najčešće u tečnom stanju zbog složenih energetske zahteva. Pošto su za proizvodnju vodonika potrebni samo struja i voda, izbor lokacija za proizvodne jedinice je veoma širok, što direktno utiče na smanjenje transportne udaljenosti. Iako je energetska efikasnost najveća kod EV, ova prednost je značajno smanjena zbog velike težine baterija, posebno kod teških vozila (Sbicca,J. , 2019).

Rizik od nekontrolisanih reakcija vodonika i kiseonika u FCEV skoro da i ne postoji jer se vodonik skladišti u vozilima iza debelih zidova rezervoara koji su prošli brojne testove sudara. Vozila na vodonik su generalno veća, jer rezervoari vodonika zauzimaju dosta prostora, dok pogonski elektromotor može da stane i u manja vozila, što EV vozilima daje prednost u ovom segmentu. Iako se čini da je FCEV veoma složen i sofisticiran zbog nestandardne upotrebe u drumskom transportu, vozila na vodonik su

generalno prilično jednostavnog dizajna. Kao i većina današnjih vozila, FCEV vozila se sastoje od osnovnih komponenti kao što su pogonski sistem, šasija, automobilska industrijska elektronika i karoserija. Električna energija se obezbeđuje pomoću pogonskog sistema i sistema za gorivo i elektromotora. Sastav električnih autobusa sa gorivnim ćelijama (FCEB - Fuel Cell Electric Buses), odnosno njegovih komponenti se ne razlikuje značajno od komponenti lakih teretnih vozila (LDV - Light Duty Vehicles). Najveća razlika je u veličini rezervoara za vodonik jer teška vozila zahtevaju dodatno skladištenje. U FCEB rezervoari vodonika se uglavnom montiraju na krov i teže oko 40 kg (Shehab,M., Pope,F., 2019).

Proces proizvodnje električne energije korišćenjem gorivnih ćelija u FCEB je takav da elektricitet nastaje putem vodonika i kiseonika pomoću dve elektrode (katoda i anoda). Vodonik iz rezervoara vozila dolazi sa jedne strane, dok vazduh koji sadrži neophodan kiseonik ulazi sa druge strane (Penco, L., Ivaldi, E., Ciacchi, A. , 2021).

Prednosti koje FCEV pruža korisnicima vozila su značajno smanjenje buke (isto kao i EV) i pun obrtni moment elektromotora pri malim brzinama. FCEV dominiraju u odnosu na EV u smislu vremena punjenja od oko 5 minuta, dok punjenje EV može trajati nekoliko sati. Takođe, domet vozila je u većini slučajeva na strani FCEV (domet oko 480 km), dok EV može postići sličan domet samo sa veoma velikim baterijama, što dodatno povećava težinu vozila i vreme punjenja. Proizvodnja električne energije u gorivnim ćelijama ne zavisi od spoljašnjeg uticaja, tj. glavni nedostatak u proizvodnji vodonika se manifestuje u gubicima tokom procesa elektrolize, dok je ukupna energetska efikasnost približno za polovinu niža nego kod EV. Međutim, u trenucima kada je snabdevanje električnom energijom preskupo, vodonik se može proizvesti putem obnovljivih izvora energije poput energije sunca ili energije vetra (Khuong,M., McKenna,P., Fichtner, W. , 2019).

Tehnologija pogona vozila sa ekonomičnošću, koja je uslovljena troškovima nabavke i eksploatacionim troškovima, utiče na prihvatanje vozila i interesovanje kupaca. U vozilima koja koriste vodonik kao pogonsko gorivo, operativni troškovi ne zavise od cene goriva. Na primer, FCEV može da pređe 45 milja (72 km) sa 1 lb (0,45 kg) vodonika, što u Nemačkoj košta oko 4,80 USD, dok je cena vodonika u SAD skoro 14 USD. Troškovi vozila na električni pogon (EV) po milji su dvostruko veći od troškova vozila

koja koriste vodonik kao pogonsko gorivo. Jaz u troškovima će se smanjiti kako se poveća potražnja za vozilima na vodonik (Hamilton,J., 2021).

Razgranata električna mreža je glavni parametar, prema kome su EV trenutno prva alternativna opcija u sektoru transporta. Takođe, zbog uštede goriva ili najniže cene goriva po milji, oni imaju prednost nad FCEV. Međutim, FCEV nastavlja da se takmiči sa EV s obzirom na ogromnu prednost koju postiže u znatno kraćem vremenu punjenja i skoro dvostrukom dometu. Broj dostupnih modela vozila je ubedljivo na strani EV, što je rezultat slabe potražnje za FCEV motorima, uglavnom zbog nedostatka razvijene strukture, visoke cene goriva i samog vozila. Dalje širenje mreže za punjenje EV je značajno olakšano u poređenju sa FCEV stanicama za punjenje, pošto električna mreža postoji u skoro svim delovima sveta. Troškovi instaliranja javne stanice za punjenje EV kreću se od 10.000 do 100.000 USD, dok se cena postavljanja stanice za punjenje FCEV kreće od 3 miliona do 5 miliona USD (Jacob,B., Cottineau,L.M., 2016).

5.3.4 Upotreba vodonika u sredstvima javnog prevoza

Procenjuje se da će se stanovništvo koje živi u urbanim sredinama do 2050. godine povećati za još 2,5 milijardi ljudi u odnosu na 2018. godinu, dok će se u EU taj broj do tada povećati za 46 miliona, čineći učešće gradskog stanovništva u ukupnom stanovništvu oko 80%. Sve veća urbanizacija i promene u načinu života stanovništva rezultiraju kontinuiranim povećanjem transportnih potreba. U međuvremenu, već danas, masovna upotreba privatnih vozila i autobusa na konvencionalni pogon uzrokuje prevelike gužve na gradskim putevima, visok rizik od saobraćajnih nezgoda, povećanu emisiju izduvnih gasova, buku, zagađenje vazduha, a samim tim i niži kvalitet života. Brojne ekonomske studije ukazuju da je trošak saobraćajnih gužvi za društvo visok (procenjen na 270 milijardi EUR godišnje u EU) i da postoji direktna veza između fluidnosti saobraćaja u urbanim sredinama i projektovanog privrednog rasta tih oblasti. Istraživanja pokazuju da u oblastima sa velikim saobraćajnim zagušenjima, protočniji saobraćaj može povećati produktivnost radnika za čak 30% (Rzevski, G., Kozhevnikov, S.A., Svítek, M., 2020).

Negativni uticaji transporta na životnu sredinu čine ih jednim od glavnih izazova gradova u oblasti saobraćaja da promene transportno ponašanje svojih stanovnika ka „ispravnom“ ispunjavanju transportnih potreba, u skladu sa saobraćajnom politikom izraženom u održivom pristupu urbane mobilnost i planiranja transporta. Takav održivi transportni sistem treba da (Jacyna,M., Wasiak,M.,Lewczuk,K.,Karoń,G., 2017):

- bude bezbedan i u skladu s potrebama ljudskog zdravlja i ekosistema, kao i da ispunjava zahteve kapitalnih vrednosti unutar i među generacijama, ima ključnu ulogu u zadovoljavanju osnovnih potreba pojedinaca i društava,
- bude pristupačan, efikasno radi, nudi izbor načina prevoza i podržava naprednu ekonomiju,
- smanji emisije i otpad uzimajući u obzir kapacitet planete da ih apsorbuje, minimizira potrošnju neobnovljivih resursa, ograniči potrošnju obnovljivih resursa na održive nivoe, reciklira i ponovo koristiti njihove komponente, minimizira korišćenje zemljišta i smanji buku.

Ove uslove najbolje obezbeđuje javni prevoz, koji ne samo da bolje reaguje na izazove ekološke i socijalne sfere održivog razvoja, već može biti i ekonomski održiviji od individualnog prevoza (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).

Ovo je zbog manje upotrebe zemljišta, emisije i potrošnje energije po korisniku. Pored toga, treba napomenuti da se poslednja dva parametra konstantno poboljšavaju zahvaljujući uvođenju sve modernije flote u gradovima na bazi električnih, vodoničnih, hibridnih i drugih pogona, koji omogućavaju ne samo smanjenje zagađenja vazduha, već i značajno smanjenje buke. Alternativna sredstva javnog gradskog prevoza su: metro, tramvaji, laka železnica. Međutim, zbog relativno niskih troškova ulaganja i kratkog vremena isporuke, autobusi su najpopularnije sredstvo javnog prevoza u svetu (Roundy, P.T., 2017).

Autobusi se mogu koristiti praktično u svim uslovima u kojima funkcioniše javni prevoz. Ovo ima veze sa visokom fleksibilnošću transportnih sistema baziranih na autobusima. To je iz razloga što ne zahtevaju izgradnju specijalizovane i skupe transportne i dovodne infrastrukture, osim autobuskih stajališta i infrastrukture za održavanje. Omogućavaju lako kreiranje i pokretanje novih ruta, imaju veliki kapacitet i omogućavaju brzo reagovanje na promene u protoku putnika, sa relativno visokim otporom na slučajne događaje i visokom prostornom dostupnošću.

Trenutno se u autobusima javnog prevoza koriste različite konfiguracije pogonskog sistema, prvenstveno motori sa kompresijskim paljenjem u kombinaciji sa menjačem i komponentama prenosa. Sistemi tog tipa će verovatno biti uobičajeni u narednih desetak godina (Momčilović, V., Simičević, J., 2018).

Međutim, intenzivira se masovno uvođenje alternativnih pogonskih sistema i korišćenje alternativnih goriva za pogon, čija je upotreba prvenstveno usmerena na smanjenje emisije čestica i gasova štetnih po zdravlje i životnu sredinu.

Velika prednost autobusa sa gorivnim ćelijama je u tome što su potpuno bez emisija na mestu upotrebe, jer je samo vodena para nusproizvod. Ostale prednosti vodoničnog goriva uključuju kratko punjenje punog rezervoara autobusa, koje traje ne više od 6-10 minuta, što daje domet od 350-400 km, što je čak i više nego što je potrebno za vozilo javnog prevoza u jednodnevnim operacijama (Pešić,R.,Petković,S.,Veinović,S., 2008).

Nedostatak autobusa na vodonik je visoka nabavna cena. Detaljna ekonomska analiza, uključujući investicione troškove (kupovina, registracija, dodatna infrastruktura), operativne troškove (troškove goriva, struje, popravke i održavanja, osiguranja) i troškove na kraju životnog veka (reciklaža), koja je izvršena za autobuse opremljene sa vodoničnim ćelijama, konvencionalnim, hibridnim i električnim pogonima, pokazuje da autobus sa vodoničnim ćelijama ima najvišu cenu životnog ciklusa među analiziranim vozilima (Laborda,J., 2021).

Najpovoljniji je rastvor vodoničnog goriva i membrane za razmenu protona gorivnih ćelija, dok je najnepovoljniji rastvor etanola i biodizela. Rezultati testova za lokalnu primenu mogu se neznatno razlikovati, a razlike mogu biti posledica različitih troškova goriva i proizvodnje autobusa u različitim regionima sveta. Stoga, pre nego što se odluči o izboru autobusa, potrebno je izvršiti odgovarajuće analize za svaki slučaj (Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S., 2009).

5.4 Upotreba „smart“ sistema za parkiranje

5.4.1 Neefikasan sistem za parkiranje zagađuje gradove

Parking je jedan od kamena temeljaca na kojima će se graditi pametni gradovi širom sveta. Nudi priliku da se smanje zagađenja i zagušenja, i omoguće nova rešenja mobilnosti kao što su deljenje automobila, samovožnja i infrastruktura električnih vozila. Modernizacija sektora parkinga igra ključnu ulogu u podržavanju održivih i pametnih transportnih razvoja u gradovima. Povezani transportni sistemi su kritični deo planova za pametne gradove, a parking je čvrsto u centru tog razvoja. Povezana mobilnost – a sa njom i veća operativna efikasnost i poboljšani prihodi, poboljšano korisničko iskustvo kroz agregirane informacije o transportu, digitalno izdavanje karata i bolje povezan

intermodalni transport – oslanja se na to da parking postane pametan. Mora se rešiti borba za pristup parkingu, koja će se samo intenzivirati kako sve više preduzeća bude tražilo udeo. A naknade za parkiranje moraju biti smanjene ili, ako je potrebno, povećane kako bi se podstaklo bolje ponašanje vozača (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021).

Saobraćaj predstavlja značajan izazov za gradove u mnogim aspektima, uključujući trgovinu, uticaj na životnu sredinu i kvalitetu života stanovnika. U okviru saobraćaja, parkiranje je problem koji pogađa sve – od vozača, trgovaca, do gradskih vlasti. I prevoz i parkiranje brzo dobijaju na značaju kao ključni prioriteti za gradove jer se stanovništvo metropolitanskih područja i dalje povećava, a gradovi istražuju kako da iskoriste tehnologiju kako bi svoje zajednice učinili pogodnijim za život. Rast broja automobila daleko je premašio rast urbanog stanovništva u većini metropolitanskih područja, što je izazvalo velike probleme. Procenjuje se da u vršnom času obim saobraćaja kome je potrebno parkiranje u centru grada može dostići i od 30-50% ukupnog saobraćaja. Ako vozač ne može da pronađe parking mesto na prvoj lokaciji, on provodi neko vreme tražeći ga, što je obično između 3,5 i 14 minuta. Kada parking postane popunjen, pronalaženje parkinga postaje mnogo izazovnije. Gužva automobila, u potrazi za parkingom, doprinosi gužvi u saobraćaju. Osim gubljenja vremena, nepotrebno krstarenje gradom troši i gorivo. Milioni tona goriva mogu se uštedeti ako vozač bude obavešten gde je parking dostupan pre nego što dođe do tačke interesovanja (Momčilović, V., Simičević, J. , 2018). Ovo sagorevanje goriva takođe uzrokuje zagađenje životne sredine koje degradira kvalitet vazduha u urbanom području. Uz to, nedostupnost parkinga uzrokuje zagušenje na putevima, što zauzvrat doprinosi globalnoj šteti. Istraživači otkrivaju da je od ukupne emisije CO₂, 30% uzrokovano zagušenjem u saobraćaju koje ljudi izazivaju prilikom nalaženja parkinga. Kako se procenjuje, ako tehnologija digitalnog parkiranja uđe u primenu, u proseku bi se smanjilo 15-20% ovih emisija ugljenika (Chen, W.Y., 2017).

5.4.2 Izazovi „smart“ sistema za parkiranje

Sa tehnologijom koja digitalno povezuje vozila sa putevima i povezanim inputima dobijenim na osnovu dostavljenih podataka, sada postaje moguće prepoznati pojedinačne vozače i njihovo ponašanje i koristiti ove informacije za bolje upravljanje tokovima saobraćaja. Postizanje istinski povezanog transportnog sistema, zahteva značajna

kapitalna ulaganja (više u digitalna rešenja nego u fizička sredstva) i jedinstvenu viziju koju niko ne može postići sam. Trenutno stanje fragmentacije znači da potrošači upravljaju umnožavanjem aplikacija i mehanizama plaćanja dok se kreću sa jedne lokacije na drugu – iskustvo koje je sve samo ne zadovoljavajuće (Berulec, I. , 2015). Štaviše, tela odgovorna za gradove u zemlji nisu u mogućnosti da pristupe ključnim podacima koji bi zadovoljili današnju potražnju za pametnijim okruženjima. Takva implementacija bi mogla da pomogne u smanjenju zagađenja, smanjenju zagušenja, jednostavnijem i efikasnijem planiranju transporta i izdavanju karata i podržava implementaciju novih rešenja za mobilnost, uključujući deljenje automobila, mreže za punjenje električnih vozila, upravljanje pozivom za vožnju na zahtev i povećane isporuke (Liang, D., de Jong, M., Schraven, D., Wang, L., 2021).

Ali malo je verovatno da će se to dogoditi sa današnjom zastarelom infrastrukturuom koja se često oslanja na isključene, anonimne transakcije gotovinom i karticama na mašinama za plaćanje. Nacionalno partnerstvo između javnog i privatnog sektora obezbedilo bi sredstva za novi pristup parkiranju.

Prvo, potrebno je otvoreno tržište za rešenja pametnog parkiranja. Ključna polazna tačka je ukidanje ekskluzivne prirode rešenja za parkiranje putem mobilnog plaćanja lokalnih vlasti i omogućavanje potrošačima da izaberu željeni način pronalaženja mesta, parkinga i plaćanja za njih širom zemlje. Provajderi će tada morati da se takmiče na potrošačkom tržištu za svoju poziciju – mnogo teža igra nego kada se nadmeću za ugovor. Konkurentske kompanije za parkiranje na ulici i van njih (digitalno omogućeno kako će morati da postane) moraće da obezbede objedinjene podatke gradovima koje opslužuju, kao i da koriste i pristupaju tim podacima kako bi kupcima omogućili da lakše pronađu i plate parking mesta. Koristi će imati i gradovi i građani. Ovo ne bi postojećim javnim organima uklonilo mogućnost upravljanja i utvrđivanja cena, upravljanja operacijama ili fizičkom infrastrukturuom. Ali, to bi omogućilo preduzećima iz privatnog sektora da ponude besprekorno iskustvo parkiranja, kako u javnom, tako i u privatnom okruženju. Kupci bi mogli da pronađu parkinge, na ulici ili van nje, i da ih plate preko provajdera po svom izboru (Jacob,B., Cottineau,L.M., 2016).

Drugo, potrebno je da se usklade propisi u javnom i privatnom sektoru. Na primer, priznavanje da bi javna tela mogla da budu slobodna da koriste prinudu zasnovanu na kamerama na parkingu – kao što to sada čine sa svim drugim oblicima saobraćajnih

prekršaja. Ovde ne bi trebalo da postoji materijalna razlika sa privatnim firmama. U isto vreme, ovo bi dovelo u red i druge nejednakosti. Na primer, isti režim PDV-a bi se mogao primeniti i na parkiranje na ulici i van ulice – priznajući da je „proizvod“ na istom tržištu na bilo koji način što se potrošača tiče. Ove promene bi podstakle tržište da implementira rešenja za parkiranje prilagođena 21. veku daleko većom brzinom nego što bi to učinilo bilo koje pojedinačno regulatorno ili javno telo, što bi omogućilo brzo usvajanje preko potrebnih novih rešenja za mobilnost. Oni bi takođe postavili platformu na kojoj provajderi parkinga, proizvođači automobila i provajderi tehnologije mogu da kreiraju nove usluge koje će doneti inovacije koje se bave pitanjima životne sredine, zagušenja i troškova sa kojima se suočavamo kao nacija. Presedan je postavljen inovacijama koje se koriste na drugim mestima. U suštini, parking u San Francisku je omogućio privatnom biznisu pristup javnim API-jima i otvorenim podacima za sva parkiranja širom San Franciska, što znači da je parking postao lakše dostupan i da bi se mogao ostvariti dramatičan i pozitivan uticaj na životnu sredinu. Iako je ovo inicijativa u jednom gradu, daje jasan pravac delovanja. Tehnologija i alati postoje. Volja za stvaranjem takve platforme je jasna iz privatnog sektora. Zajednički pristup mogao bi da pametne gradove pretvori u stvarnost, a parking u kamen temeljac njihovog razvoja – pružajući koristi lokalnim gradovima, potrošačima, nacionalnoj blagajni i planeti (La Notte, A., Zulian, G., 2021).

5.4.3 „Smart“ sistem za parkiranje je rešenje za rastuće zagađenje

Implementacija informacionih tehnologija u vozila kao i u saobraćajnice predstavlja siguran put ka smanjenju saobraćajnih gužvi i regulaciji protoka saobraćaja, odnosno ravnomernog opterećenja saobraćajnica na teritoriji jednog grada (Dong, C., Akram, A., Andersson, D., Arnäs, P.-O., Stefansson, G., 2021).

Jedna od novina koja je došla sa napretkom informacionih tehnologija u drumskom saobraćaju jeste da saobraćajna sredstva (npr. automobili) komuniciraju međusobno putem informacionih tehnologija. Noviji modeli automobila (koji su uglavnom nedostupni u našoj zemlji, zbog visokih cena u odnosu na standard građana), imaju mogućnost da sami donose određene odluke na osnovu informacija koje dobiju iz okruženja. Te mogućnosti ponajviše doprinose pravovremenom uočavanju potencijalnih incidentnih situacija, putem sofisticiranih senzora. Ove aplikacije doprinose samom unapređivanju bezbednosnog sistema u saobraćaju. Postoji nekoliko oblika komunikacije

ili interakcije između automobila i drugih učesnika u saobraćaju, koji su prikazani na slici 16 (Serpen, G., Debnath, J. , 2019).

V2I/I2V (Vehicle-to-Infrastructure and vice versa), V2R/R2V (Vehicle-to-Road and vice versa) i V2V (Vehicle-to-Vehicle) su koncepti koji se odnose na sisteme dvosmerne komunikacije između prevoznih sredstava i infrastrukture, kao i među samim prevoznim sredstvima. Ovi sistemi omogućavaju razmenu informacija i podataka radi poboljšanja efikasnosti, sigurnosti i iskustva vozača. Objašnjenja za svaki od ovih koncepata su:

a) V2I/I2V (Vehicle-to-Infrastructure and vice versa):

- Ovaj koncept obuhvata komunikaciju između prevoznih sredstava i infrastrukture,
- Prevozna sredstva mogu dobijati informacije o stanju puteva, saobraćajnim gužvama, naplatnim rampama, internet sadržajima i drugim relevantnim informacijama,
- Infrastruktura može primati podatke od prevoznih sredstava kako bi pružila usluge kao što su pomoć na putu, upozorenja o hitnim situacijama itd.,
- Ova komunikacija omogućava bolje upravljanje saobraćajem, optimizaciju putovanja i pružanje relevantnih usluga vozačima.

b) V2R/R2V (Vehicle-to-Road and vice versa):

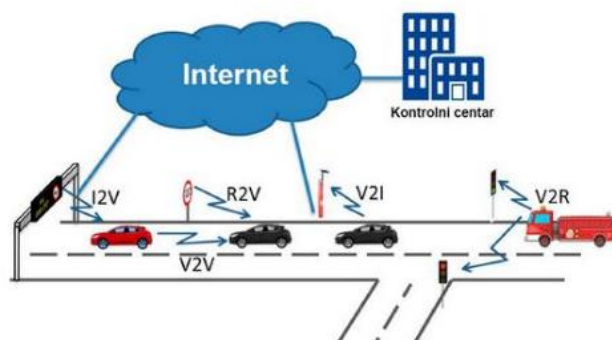
- Ovaj koncept se odnosi na komunikaciju između prevoznih sredstava i drumske infrastrukture,
- Prevozna sredstva mogu komunicirati s eksternim uređajima kao što su saobraćajni znaci, elektronski sistemi naplate, oprema za signalizaciju u hitnim situacijama i drugi,
- Ova komunikacija omogućava prenos informacija o uslovima puta, ograničenjima brzine, putnim taksama i drugim relevantnim podacima,
- Ovom komunikacijom vozači mogu biti obavešteni i prilagoditi svoje ponašanje na putu u skladu sa informacijama, što može poboljšati sigurnost i efikasnost saobraćaja.

c) V2V (Vehicle-to-Vehicle):

- Ovaj koncept se odnosi na komunikaciju između samih prevoznih sredstava,
- Prevozna sredstva mogu razmenjivati informacije o brzini kretanja, udaljenosti, promeni trake, vanrednim situacijama i drugim relevantnim podacima,

- Ova vrsta komunikacije omogućava prevozima da bolje razumeju okruženje i reaguju na promene u saobraćaju,
- Ova razmena informacija može poboljšati sigurnost na putevima, optimizovati tok saobraćaja i pomoći vozačima da donose informisane odluke tokom vožnje.

Svi ovi koncepti imaju za cilj poboljšanje efikasnosti, sigurnosti i iskustva u saobraćaju, stvarajući povezaniju i inteligentniju transportnu mrežu. Implementacija ovih sistema zahteva odgovarajuću infrastrukturu, komunikacione tehnologije i usklađenost između prevoznih sredstava i infrastrukture.



Slika 16. Sistemi komunikacije u saobraćaju (Izvor: Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017)

Ovakvi sistemi komunikacije između vozila služe za razmenu informacija vezanih za stanje u saobraćaju. Na praktičnom primeru, negativno iskustvo jednog vozača sa određenom saobraćajnicom, može drugim vozačima da posluži kao korisna informacija i da se ta saobraćajnica rastereti. Takođe, „smart“ sistemi za određivanje dostupnosti slobodnih mesta za parking su u velikoj meri zaslužni za izbegavanje zagušenja na saobraćajnicama.

Pametno parkiranje može značajno da smanji nivoe zagađenja vazduha i buke kroz održivu urbanu mobilnost, uštedu vremena i energije, smanjenje saobraćajnih problema i smanjenje zagađenja vazduha i buke. Koristi senzore da ukaže na dostupnost parkinga, eliminišući potrebu da vozači gube vreme tražeći parking prostor. Brzo usmeravajući vozače na otvorene prostore, pametno parkiranje može smanjiti zagušenje i rezultirajuće emisije. Pametni parking sistemi to čine prikupljanjem podataka u realnom vremenu, prenoseći ih vozačima preko mobilne aplikacije. Aplikacije takođe dolaze sa automatskim načinom plaćanja koji omogućava rezervaciju prostora, čime se smanjuje vreme provedeno na putu koje zagađuje životnu sredinu. Putem podataka o parkingu, pametni sistemi za parkiranje takođe omogućavaju gradskim upravama da pristupe

ključnim podacima kako bi utrli put čistijem okruženju. Sa zastarelom infrastrukturom i nepovezanim sistemima, postoji zaista mala verovatnoća da će se ostvariti takve prednosti. Moderne tehnologije zahtevaju dobru infrastrukturu i komunikacijske sisteme kako bi se mogli iskoristiti u potpunosti. Korišćenjem internet uređaja (IoT - Internet of Things), pametno parkiranje lako rešava ovaj problem. Pored toga, primenom dinamičkog određivanja cena na osnovu raspoloživog prostora, pametno parkiranje može značajno da smanji zagušenje i prekomerno korišćenje parkinga, što utiče na zagađenje vazduha i buku (Nazari, M.E., Zarrini Farahmand, M. , 2021).

5.4.4 Opis načina smanjenja emisije izduvnih gasova

Postoji jasna potreba da se nastavi rad na održivom razvoju i ekološkim politikama koje promovišu ekološku prihvatljivost i brigu. Sada više nego ikad, industrija parkiranja mora biti deo ovih projekata i ciljeva, poboljšavajući mobilnost i sisteme parkiranja u celom sektoru. Pretvaranje tradicionalnog parking objekta u onaj koji doprinosi smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu je sve traženija buduća strategija (Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J., 2022).

Sistem za parkiranje je zasnovan na kameri i sastoji se od softvera za upravljanje parkiranjem koji centralizuje sve informacije sa različitih uređaja. Obično obuhvata sisteme za navođenje u zatvorenom prostoru (SC Indoor²⁷), sisteme za navođenje za parkiranje na otvorenom prostoru (SC Outdoor²⁸), čitač registarskih tablica na pristupima, kioske²⁹, informacione displeje i sistem osvetljenja po prostoru. Ovakvo rešenje za parkiranje donosi brojne prednosti vlasnicima objekata, operaterima i korisničkom iskustvu krajnjih kupaca.

Jedna od prednosti ulaganja u pametno parkiralište je održivost koja ih karakteriše i konverzija iz tradicionalnog u ekološki prihvatljiv objekat. Još jedna karakteristika unutrašnjih i spoljašnjih sistema za navođenje parkiranja je smanjenje vremena potrebnog

²⁷ SC Indoor parking senzori su ključni element u svakom sistemu za navođenje parkiranja. Obezbeđuju prepoznavanje registarskih tablica na svakom parking mestu, visoko pouzdano navođenje parkiranja i video nadzor na svakom parking mestu, doprinoseći kontroli vozila i maksimalnoj bezbednosti na parking mestima.

²⁸ SC Outdoor je sistem za navođenje na otvorenom parkiranju zasnovan na kameri koji koristi tehnologiju kompjuterskog vida za kontrolu dostupnosti parking mesta na otvorenim parkiralištima i krovovima. Informacije o zauzetosti prostora u realnom vremenu mogu se prikazati na spoljnim LED ekranima koji pomažu vozačima da vode do slobodnih parking mesta.

²⁹ Parking kiosk dizajniran za parkiranje u zatvorenom prostoru sa aplikacijom „Pronađi svoje vozilo“ koja omogućava da se pretraži i pronađe vozilo što je brže moguće. Pruža bolje korisničko iskustvo, tako da je moguće čak i zaboraviti gde je parkirano vozilo.

vozačima da pronađu slobodno parking mesto. Takođe je značajno smanjenje linija na pristupnim mestima zahvaljujući automatizaciji ulaska i izlaska vozila sa parkinga.

Izrazito povećanje mobilnosti koje je rezultat otkrivanja zauzetog i dostupnog prostora i korišćenja informacionih displeja u boji koji poboljšavaju korisničko iskustvo, takođe smanjuju vreme koje vozila provode dok motori rade. Drugim rečima, vozila koja provode manje vremena parkirajući stvaraju manje emisija koje ispuštaju zagađivače u vazduh, unutar i van parkinga. Znakovi, senzori zasnovani na kameri i svetla po prostoru značajno smanjuju vreme putovanja vozača, što znači manje zagađenje vazduha.

Štaviše, manja emisija ugljen dioksida unutar garaže čini manju investiciju u ventilaciju, a samim tim i manje troškove energije i održavanja za ceo objekat. Funkcionalnost parking garaže je važna, ali i njen izgled. Iz tog razloga, zbog prljavštine izazvane izduvnim gasom vozila potrebno je češće farbanje i održavanje higijene garaže. Dakle, što manje vremena automobili i motocikli provedu putujući unutar parkinga, to će biti niži troškovi njegovog održavanja.

Kamere na ulazima i izlazima parkinga omogućavaju operaterima da štede na papiru sa sistemima za pristup bez karata. Jednostavnim unošenjem registarske tablice u oblast za plaćanje ili aplikaciju za mobilno plaćanje štampanje karata i trošenje na papir postaje prošlost. Ovo garantuje optimalan odnos između industrije parkinga i životne sredine.

5.4.5 Primeri iz prakse

Gradovi širom sveta već usvajaju rešenja za pametno parkiranje u pokušaju da stvore pametnije, manje zagađene gradove. Inicijativa San Franciska iz 2011. godine demonstrirano je smanjila vreme potrebno za pronalaženje parking prostora za 43% i kilometražu vozila u pilot oblastima za 30%. Kao rezultat toga, emisije gasova staklene bašte su takođe smanjene za 30%, a obim saobraćaja je smanjen za 8%. Tako je parking postao dostupniji i ostvaren je pozitivan uticaj na životnu sredinu. Madrid je uveo pametne parking merače koji naplaćuju naknade automobilima sa visokim stepenom zagađivanja i smanjuju naknade za vozila sa štedljivom potrošnjom goriva. Cena parkinga takođe varira i zavisi od dostupnosti parking mesta. Inicijative pametnih gradova obećavaju poboljšanje kvaliteta života stvaranjem životne sredine bez zagađenja. Štetni uticaj izduvnih gasova vozila se stoga može efikasno smanjiti putem pametnih, promišljenih i dalekovidnih parking rešenja. Pametno parkiranje je jedan ogroman korak

u pravcu promovisanja održivog ekosistema i stvaranja naših gradova pogodnijih za život (Laborda, J., 2021).

5.5 Upotreba „smart“ sistema za kontrolisanje bezbednosti i regulaciju saobraćaja

Zagušenja u saobraćaju predstavljaju veliki problem u većini gradova zbog povećane populacije i upotrebe vozila, što dovodi do toga da putevi brzo postaju preopterećeni za upravljanje saobraćajem. Napredni sistemi za upravljanje drumskim saobraćajem, ili „smart“ sistemi za upravljanje saobraćajem, sada se razvijaju kako bi se poboljšala bezbednost i efikasnost transportne infrastrukture (Nguyen, N.P., Mogaji, E., 2022).

Svi smo svesni problema koji utiču na naše puteve i autoputeve. Kašnjenja u isporuci i smanjena produktivnost su loši za poslovanje. Uska grla uzrokuju da se vozila hitne pomoći kreću sporije, potencijalno ugrožavajući živote. A sve to smanjuje životni standard u gradu (Janojlić, M., Janojlić, D., Antić, Z., 2008).

Inovativni gradovi, ili „pametni gradovi“, koriste koordinisani niz hardverskih, softverskih i cloud rešenja za povećanje protoka saobraćaja i bezbednost u suočavanju sa ovim preprekama (Briggs, D., de Hoogh, C., Gulliver, J., Wills, J., Elliot, P., Kingham, S., Smallbone, K., 2000).

Inteligentni transportni sistemi mogu da koriste senzore, kamere, rutere, ćelijsku tehnologiju i merače na rampi autoputa da bi dinamički menjali kontrolne mehanizme kao što su saobraćajni signali, oglasne table na autoputu, trake za brzi prevoz autobusa, pa čak i ograničenja brzine kako bi se poboljšala bezbednost i protok saobraćaja (Sagheb, A., Esra'a, A., Ehsan, V., 2021).

5.5.1 Inteligentni transportni sistemi

Film „Peti element“ iz 1997. godine, pokazao nam je mnoge futurističke inovacije. Verovatno najbizarniji i najfascinantniji bio je trodimenzionalni saobraćaj u vertikalnim megagradovima. Hoćemo li ikada doći do tog stanja? Možda. Ali ako ikada želimo da napravimo iskorak, prvo moramo da shvatimo kako da efikasno koordiniramo saobraćaj u 2D. S obzirom na brz rast načina prevoza i urbanog stanovništva, to je već zadatak vredan divljenja. Sistemi za upravljanje saobraćajem danas su pod pritiskom da

se razvijaju i postanu bolji, zeleniji i povezaniji. Ali koja vrsta tehnologije ide u projektovanje takvih sistema?

5.5.1.1 Elementi inteligentnog sistema upravljanja saobraćajem

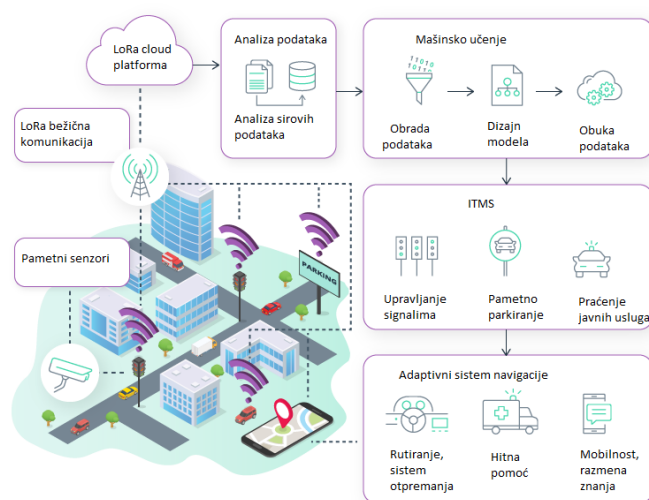
Nekada je zamah palice saobraćajca bio dovoljan za upravljanje prometnom raskrsnicom. Ali sa više vozila na putu, potrebni su nam pametniji sistemi. Napredni sistem upravljanja saobraćajem (TMS - Transportation Management System) je rešenje svesno konteksta, koje se oslanja na podatke u realnom vremenu iz povezane putne infrastrukture i prediktivnu analitiku, kako bi efikasno koordinirao saobraćaj preko gradskih arterija. Takav softver za upravljanje saobraćajem, zajedno sa bežičnom gradskom vezom, deluje kao okosnica za implementaciju inteligentnog sistema upravljanja transportom.³⁰

Inteligentni transportni sistem (ITS - Intelligent Transportation System) je kolekcija operativnih kontrola i korisničkih rešenja za koordinaciju efektivnog kretanja ljudi i robe u različitim modalitetima. ITS sistemi se posebno fokusiraju na poboljšanje propusnosti i bezbednosti gradskih puteva kroz prilagodljive kontrole i analitiku (He, Z., 2020). Ali kao što se pokazalo poslednjih 50 godina ciljanih napora, upravljanje saobraćajnim zagušenjima nije lak zadatak. Od gradskih planova do neplaniranih protesta, mnogo poznatih i nepredvidivih faktora čini planiranje gradskog prevoza³¹ teškom bitkom.

Kao koncept, inteligentni saobraćajni sistemi su dizajnirani da pruže menadžerima saobraćaja uvide u realnom vremenu i predviđanja o brzinama toka saobraćaja i saobraćajnim zagušenjima/incidentima. U praksi, uspeh ovakvih projekata u velikoj meri zavisi od sposobnosti grada da postavi virtuelni upravljački sloj na fizičku saobraćajnu infrastrukturu.

³⁰ Inteligentni transportni sistem (ITS) je krovni termin za grupu novih tehnoloških sistema i rešenja za omogućavanje koordinisanog, efikasnog i „pametnog“ upravljanja transportom u različitim modalitetima — automobilom, železnicom, morem i javnim prevozom. ITS je modularan i može da sadrži bilo šta od sledećeg: kontrole saobraćajne signalizacije, sistemi upravljanja saobraćajem, sistemi upravljanja autoputevima, sistemi upravljanja tranzitom, sistemi upravljanja saobraćajnim incidentima, usluge informacija za putnike, službe za upravljanje vanrednim situacijama, napredna analitika saobraćaja, elektronski sistemi plaćanja karata, sistemi upravljanja javnim prevozom, povezana automobilska infrastruktura, praćenje performansi putne mreže, sistemi bezbednosti prelaza na železničkom nivou i operativni sistemi komercijalnih vozila.

³¹ Planiranje gradskog prevoza treba da se fokusira na doslednost, praktičnost i „čista“ goriva ako želimo da napredujemo u urbanoj džungli.



Slika 17. Sistem za upravljanje saobraćajem u pametnom gradu koji koristi LoRa i mehanizam mašinskog učenja (Izvor: Laborda,J., 2021)

Glavni elementi ITS su dati u sledećoj tabeli:

Tabela 10. Glavni elementi ITS (Khuong,M., McKenna,P., Fichtner, W. , 2019)

Hardver	Softver
IoT senzori za puteve uključuju: - RFID (radio frekvenzijska identifikacija) ili AIDC tagovi (automatska identifikacija i prikupljanje podataka) - Senzori temperature Senzori kvaliteta vazduha	Računarstvo u oblaku i mogućnosti obrade rubova: - Platforma podataka o saobraćaju/jezero podataka - Sistemi kontrole saobraćaja zasnovani na oblaku - Geografski informacioni sistemi (GIS) - Sve aplikacije koje podržavaju transport
Povezane CCTV kamere	Veliki podaci i prediktivna analitika
Povezani sistemi saobraćajne signalizacije	Veštačka inteligencija/mašinsko učenje: Kompjuterska vizija Optičko prepoznavanje karaktera Pojačano učenje
Pametne naplatne kapije / elektronski sistemi za određivanje cena puteva	Usluge vezane za lokaciju

Implementacija svega gore navedenog zahteva mnogo preduzimljivosti. Ali ova progresivna digitalizacija takođe otvara mogućnosti za startupove i privatne kompanije da vlastima predoče svoja inteligentna rešenja za drumski saobraćaj.

5.5.1.2 Šest karakteristika koje globalni gradovi traže u sistemima upravljanja saobraćajem

Potreba za transportom neće uskoro nestati (osim ako ne prekršimo osnovne zakone fizike i ne izmislimo teleportaciju). Ali čak i u tom malo verovatnom scenariju, neko će morati da transportuje i instalira portale po gradu. Što je realnije, najnovija prognoza rasta stanovništva sugeriše da će urbana područja postati još gušća i proširiti se na megagradove sa brojem stanovnika od 20+ miliona u narednih 50 godina. I svi ti ljudi će želeći da imaju opcije multimodalnog transporta.³² Procenjuje se da će od sada do 2040. svake godine biti potrebno oko 2 triliona USD u investicije u transportnu infrastrukturu. Ove investicije će ići u (Li, H., Xia, Q., Wang, L., Ma, Y. , 2020):

- Proširenje i modernizaciju fizičke putne infrastrukture — projekti povezivanja puteva, razvoj infrastrukture za električno punjenje i održavanje,
- Dekarbonizaciju i unapređenje sektora javnog prevoza, upareno sa urbanom mobilnošću kao uslužnim rešenjima,
- Poboljšanje logistike teretnih ruta i bolja rešenja za sektor isporuke,
- Pametna rešenja za upravljanje gradskim saobraćajem za borbu protiv zagušenja i zagađenja na ulicama.

U nastavku se opisuju šest najboljih mogućnosti inteligentnog upravljanja saobraćajem koje će urbanisti nastojati da steknu u narednim decenijama.

5.5.1.3 Video sistemi za detekciju saobraćaja sa mogućnostima edge računarstva

Upravljanje saobraćajem je sklono efektu leptira — fenomenu u haotičnim sistemima (gradski saobraćaj) gde mala promena uslova (jedan šetač) može da izazove efekat talasanja u celom sistemu (velike gužve širom grada). Urbanistima treba pristup

³² Multimodalni transport podrazumeva korišćenje dva ili više načina transporta za premeštanje ljudi ili robe od vrata do vrata. Multimodalni transportni sistem može koordinirati ili urbanu mobilnost — pametno kretanje ljudi koji koriste privatne i javne vidove transporta — ili komercijalnu logistiku — kretanje tereta koristeći različite modalitete.

informacijama o stanju saobraćaja u realnom vremenu kako bi efikasno upravljali gradskim prostorom. Ovaj pristup omogućava im bolje razumevanje saobraćajnih tokova, identifikaciju incidenata i brzu reakciju na njih, kao i primenu preventivnih mera radi poboljšanja saobraćajne situacije. Nije moguće uhvatiti sve leptire (ili naterati sve da poštuju saobraćajna pravila). Ali moguće je stvoriti okruženje u kojem jedan slučajni incident ne dovede ceo saobraćajni sistem u zastoј. Jedan održiv način da se postigne gore navedeno je implementacija povezanih sistema za video detekciju u kritičnim delovima grada. Zatim ih treba upariti sa sistemima za upravljanje saobraćajem u realnom vremenu (Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. , 2022).

Savremeni sistemi za upravljanje saobraćajnim incidentima (TIM - Traffic Incident Management) pokreću (Feng, T., Huang, Y., Zhou, B., 2022):

- Povezane CCTV kamere sa HD snimkom,
- Mogućnosti kompjuterskog vida za detekciju i prepoznavanje slika,
- Edge čipovi za lokalnu obradu videa, što smanjuje kašnjenje,
- Povezivanje u oblaku + komunikacija zasnovana na GPS-u za primanje ažuriranja.

Takvo podešavanje omogućava da se (Chen, W.Y., 2017):³³

- Otkriju incidenti kada se dogode — automobilske nesreće, blokade puteva, nepropisno parkiranje, neoprezni vozači bicikla ili pešaci,
- Prenesu upozorenja inteligentnom sistemu upravljanja saobraćajem u sekundi,
- Programiraju ili automatski izvrše niz naknadnih radnji — pošalju se hitne službe, prilagodi se kontrola saobraćajne signalizacije u oblasti, promeni se ruta javnog prevoza i ažurira se vozač u blizini.

Verovatno je najbolji deo izgradnje mogućnosti u vidu edge obrade podataka (uparen sa videom uživo), to što je moguće da se ponovo koriste prikupljeni podaci za druge slučajeve upotrebe inteligentne analitike saobraćaja. To uključuje (Florida,R., 2019):

³³ Kanadski startup Miovision testirao je sličan sistem u regionu Vaterlo blizu Ontarija. Rešenje je omogućilo lokalnim menadžerima saobraćaja informacije o saobraćaju u realnom vremenu u nadgledanoj oblasti. Nekoliko minuta nakon što je otkrio sudar na prometnoj raskrsnici, sistem je upozorio urbaniste i dostavio im snimke događaja u realnom vremenu. Tim bi tada mogao da izda brz odgovor i preusmeri saobraćaj iz pogođenog područja kako bi sprečio dalje zagušenje (izvor: <https://www.miovision.com/case-studies/waterloo>).

- Multimodalni saobraćaj se računa da bi se razumeli najčešće korišćeni modaliteti u oblasti i njihove prosečne brzine krstarenja,
- Analitika bezbednosti na putevima — koristeći detekciju šablona, sistemi mogu da obeleže neprikladno ponašanje vozača i pešaka u različitim oblastima,
- Programsko upozorenje jedinica za reagovanje (policija, hitna pomoć, šlep vozila/timovi za održavanje) nakon otkrivanja incidenta,
- Otkrivanje javnog prevoza širom grada radi praćenja performansi na vreme i implementacije prilagodljivih kontrola (npr. prioritetni prolaz),
- Analiza saobraćaja od polazišta do odredišta radi razvoja boljih planova upravljanja saobraćajem i ažuriranja kontrola u skladu sa najčešćim putovanjima.

5.5.1.4 Napredna analiza bezbednosti i zagađenja

Pametn sistem za upravljanje saobraćajem može učiniti više od toga da samo upali zeleno svetlo na vreme. Takođe može pomoći u dizajniranju zelenijeg i sigurnijeg urbanog okruženja. Takva rešenja mogu pomoći urbanističkim planerima da brže dostignu hrabre ciljeve u pogledu dekarbonizacije transporta tako što im u realnom vremenu pružaju podatke o uticaju kao što su (Khuong,M., McKenna,P., Fichtner, W. , 2019):

- Kvalitet vazduha/zagađenje u oblasti,
- Emisije CO₂ po putovanju,
- Propusnost i brzine saobraćaja u različitim vremenskim uslovima,
- Oštećenje putne infrastrukture nakon uragana, poplava itd.,
- Performanse sredstava u teškim uslovima — toplotni talasi ili zaleđivanje,
- Opasno ponašanje u vožnji kao što je oštro kočenje ili preterano ubrzanje.

Gore navedeni podaci se mogu prikupiti preko senzora i prethodno obraditi na edge uređajima. Zatim se mogu dostaviti u saobraćajni centar u oblaku radi dalje analize. Na osnovu dobijenih podataka, moguće je kreirati bolje politike i kontrole za poboljšanje održivosti transporta.³⁴

³⁴ Kopenhagen već testira slično rešenje u okviru svoje misije da postane prvi evropski grad sa neutralnim emisijama CO₂ do 2025. godine. Lokalne vlasti su reprogramirale svoj sistem upravljanja saobraćajem tako da daju prioritet javnom prevozu tokom špica. Oni takođe testiraju dinamičko programiranje semafora kako bi smanjili broj automobila u praznom hodu, koji dme na raskrsnicama (izvor: <https://www.swarco.com/products/software/urban-traffic-management/peek-traffic-imflow>).

5.5.1.5 Prediktivno planiranje saobraćaja

Na prvi pogled, saobraćajni sistemi mogu izgledati haotično. Ali iskusni menadžer može primetiti ponavljajuće obrasce (Kremer, P., Hamstead, Z.A., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabisch, N., Larondelle, N., Rall, E.L., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez Baggethun, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J., 2016):

- redovna putovanja od početka do odredišta,
- problematične raskrsnice,
- uske trake sklone zastoju,
- preparkirane ulice sa malom propusnošću,
- drugi delovi grada gde navigacija postaje teška.

Napredni sistem upravljanja saobraćajem može pomoći da se brže lociraju problematične oblasti i predvidi gde može doći do zagušenja u saobraćaju pod određenim uslovima, kao što je tokom velikih snežnih padavina, nakon planiranog događaja ili zbog verovatne saobraćajne nesreće. Slično tome, prediktivne mogućnosti planiranja saobraćaja su od suštinskog značaja za modeliranje performansi saobraćajne mreže tokom planiranih događaja kao što su planirani građevinski radovi ili veliki javni događaji. To je lepota analitike velikih podataka u urbanom planiranju: može se proceniti kapacitet svoje saobraćajne mreže i modelirati različiti scenariji odgovora na svakodnevne događaje i neplanirane događaje.

Koristeći kombinaciju senzora (V2X - Vehicle to Everything) povezivanja (povezivanje vozila i infrastrukture putem bežične mreže) i kompjuterskog vida, NoTraffic uređaj analizira trenutne uslove na putu. Kontrolor može da prebroji i kategoriše sve učesnike u saobraćaju, da izračuna koliko će automobila stići sa prethodne raskrsnice i da odredi kako će to uticati na zastoje na sledećoj raskrsnici.

5.5.1.6 Pametno upravljanje raskrsnicama

Raskrsnice su mesta najvećeg pritiska u gradovima jer se tu često dešavaju saobraćajne gužve i nesreće. U Švedskoj se 25% nesreća na seoskim putevima i preko 50% udesa na gradskim putevima dešava na raskrsnicama. Mnoge od ovih nesreća su ozbiljne, a veliki deo njihovih žrtava su pešaci i biciklisti. Kombinacija senzorske

tehnologije i algoritama veštačke inteligencije za transport³⁵ može pomoći da se raskrsnice učine sigurnijim. Da bi to postigli, treba dodati sledeće kontrole inteligentnim saobraćajnim sistemima:

- Skretanje se računa na raskrsnicama. Ovi podaci mogu pomoći da se bolje tumače tokovi saobraćaja i optimizuju signali. Osim toga, mogu pomoći u shvatanju kada i zašto se dešavaju nesreće i dizajniraju se alternativne kontrole kako bi smanjili iskušenje kršenja pravila,
- Dinamička optimizacija signala semafora. Sa brojevima na uvidu, mogu se primeniti dinamičke kontrole tokom špica i sezonskih događaja i može se omogućiti korisnicima da programiraju prilagođene kontrole u skladu sa gradskim pravilima ili odlukama o planiranju bezbednosti.³⁶

5.5.1.7 Elektronsko određivanje putarine i naplata putarine

Optimizacija toka saobraćaja je od suštinskog značaja za minimiziranje zagušenja. Ali ovaj metod neće uspeti ako broj vozila na putevima nastavi da raste. Do sada su urbanisti smislili dve strategije za smanjenje broja automobila na ulicama (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020):

- promocija javnog prevoza tako što će se dizajnirati bolje iskustvo tranzita,
- određivanje putarine prometnim ulicama privatnom automobilu.

Ova druga strategija se naziva elektronsko određivanje cena puteva (ERP - Electronic Road Pricing). To je popularna strategija drugog nivoa, da se ljudi ubede da koriste lako dostupan javni prevoz umesto privatnih automobila. ERP sistem se oslanja na putnu infrastrukturu (kamere, kapije, portalni sistemi) i hardver u automobilu (odvojeni uređaji ili ugrađeni računari) za identifikaciju i naplatu putarine automobilima koji ulaze u određeno gradsko područje. Napredne verzije su povezane sa inteligentnim

³⁵ Veštačka inteligencija u urbanoj mobilnosti, logistici i upravljanju voznim parkom je dugo očekivana i već je u izvesnoj meri primenjena. Na primer, 65% čelnika logističkih kompanija navodi AI kao važnu tehnologiju u narednih tri do pet godina. Takođe, od 2018. godine, svaki četvrti menadžer javnog prevoza već koristi AI za upravljanje operacijama u realnom vremenu i analitiku kupaca (izvor: <https://www.ericsson.com/4a1ed6/assets/local/reports-papers/industry/industrylab/doc/pre-emptive-logistics-report.pdf>).

³⁶ Mančester je dizajnirao i primenio sistem pametnih raskrsnica koji kontroliše veštačka inteligencija. Koristeći senzore i kamere, vlasti Mančestera mogu anonimno da identifikuju različite tipove učesnika u saobraćaju i optimizuju saobraćajnu signalizaciju na raskrsnicama. Oni mogu da izaberu da daju prioritet različitim načinima prevoza — javnom prevozu, biciklima ili pešacima — po potrebi. Takođe, dobijeni podaci se mogu ponovo koristiti za pokretanje simulacija saobraćaja na nizu rasporeda raskrsnica (izvor: <https://vivacitylabs.com/greater-manchester-chooses-vivacity-labs-to-deploy-ai-controlled-road-junctions-to-optimize-traffic-networks/>).

sistemom upravljanja saobraćajem, koji daje dinamičke cene za različite oblasti na osnovu doba dana, veličine vozila, zagušenja saobraćaja i drugih faktora.³⁷

Hong Kong takođe radi ERP pilote od 2015. godine u centralnim i susednim oblastima. Isto rade i mnogi evropski gradovi. Ovakvi projekti u početku stvaraju napetost u javnosti. Ali dobici u smislu skraćenog vremena putovanja, manjeg zagušenja i zagađenja podstiču vlasti da reaguju.

5.5.1.8 Pametna integracija parkinga

Nije moguće smanjiti gužvu u saobraćaju bez rešavanja problema upravljanja parkingom. Vozači u problemu traženja parkinga mogu činiti 15% saobraćaja u najboljem slučaju i do 74% u najgorem slučaju. Takođe su haotičniji i neurotičniji (ako nema parking mesta) i skloni lošem ponašanju. Najbolji način da se sklone sa ulice (bukvalno) je da se efikasno usmerte do najbližeg parking mesta. To je još jedna karakteristika koja se može upakovati u pametni sistem upravljanja saobraćajem. Osim što poboljšava iskustvo parkiranja (i prikuplja dodatni prihod), povezivanje upravljanja parkiranjem sa sistemom upravljanja saobraćajem pomaže da se prikupe dodatni podaci za urbanističko planiranje (Li, H., Xia, Q., Wang, L., Ma, Y. , 2020).³⁸

5.5.2 Autonomna vozila

Sadašnjim tempom, autonomna vozila (AV - Autonomus Vehicles) – ili samovozeća vozila (automobili koji se samostalno voze) – verovatno će preuzeti globalni transportni sektor. Uprkos tome što je ova oblast još uvek u povojima, među stručnjacima nema sumnje da će sve veći broj ljudi preći sa vozila na fosilna goriva na polu ili potpuno autonomna vozila kada tehnologije preuzmu komercijalno tržište. Uprkos brojnim prednostima koje donosi posедovanje automobila bez vozača, postoje društvene i ekološke implikacije koje se ne mogu zanemariti. Zato je potrebno sagledati prednosti i

³⁷ Singapur je pokrenuo svoju ERP šemu još početkom 2010-ih. Lokalni ERP se sastoji od portala širom grada na putevima koji vode do centralne oblasti Singapura, kao i na drugim prometnim putevima. Koristeći senzore i kamere, portali snimaju brojeve registarskih tablica svih vozila koja ulaze i šalju račune jedinicama koje su instalirane u automobilu. Vozači mogu da povežu karticu sa uređajem da bi automatski platili. ERP kontrole su dinamične, a cene su dizajnirane tako da obeshrabruju upotrebu puteva u vreme gužve. Koristeći ovaj sistem, Singapur može da održava saobraćaj optimalnom brzinom od 20 do 30 km/h na magistralnim putevima i 45 do 65 km/h na brzim putevima
(izvor: <https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/driving/ERP/ERP.html>)

³⁸ Na primer, Ubivhere u Portugalu je nedavno proširio svoju platformu za pametno upravljanje parkingom sa funkcionalnošću urbanog planiranja. Koristeći istorijske podatke o parkiranju i jezik modeliranja CARMA, tim je došao do rešenja za simulaciju korišćenja gradskih puteva i parking mesta. Koristeći ovaj alat, urbanisti mogu predvideti koje oblasti su sklonije problemima sa parkiranjem (posebno tokom velikih događaja) i osmisliti bolje politike.

nedostatke samovozećih vozila da bi razumeli da li oni mogu predstavljati rešenje za globalni prelazak na dekarbonizaciju (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020).

Bila je 1939. godina kada je svet prvi put čuo termin „samovozeći automobil“, kada je General Motors – američka korporacija za proizvodnju automobila – predstavila prvo AV na Svetskom sajmu Njujorku. Ljudi su proveli naredne decenije gradeći tu ideju, proširujući istraživanja i ulaganja kako bi poboljšali ovu tehnologiju. Međutim, pravi proboj se dogodio tek nedavno. Od sredine 2010-ih, autonomna automobilska industrija je bila u punom zamahu, a velike automobilske kompanije kao što su Ford, Mercedes-Benz i BMW, kao i američka kompanija za servisiranje automobila Uber, počele su da ulažu milione dolara u razvoj novih tehnologija za samovožnju. Od danas, nekoliko prilično uspešnih AV formata se razvija i polako lansira na tržište, od Google-ovih vozila za potpuno autonomnu vožnju do Teslinih automobila uz pomoć vozača (Laborda,J., 2021).

Kao što ime sugerise, automobili koji se samostalno voze ne zahtevaju od osoba da ih kontrolišu, što omogućava kompjuterskom sistemu da preuzme sve odgovornosti za vožnju. Sve veći broj stručnjaka se slaže da je budućnost u kojoj će transportnim sektorom dominirati AV na putevima pitanje kada, a ne da li. Nekoliko prednosti povezanih sa automobilima bez vozača izazvalo je istraživanje i inovacije u ovoj oblasti, kao i potražnju među potrošačima, koje privlače povećani komfor i smanjeni stres koji dolazi sa posjedovanjem takvog vozila (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. , 2021).

Dok svet razmatra sve moguće načine da uspori neposredne i potencijalno katastrofalne posledice globalnog zagrevanja, automobilska industrija je ključni deo jednačine. Budući da je i dalje u velikoj meri zavisna od fosilnih goriva, samo ovaj sektor čini do 45% globalne potražnje za naftom, a samim tim i stvara zapanjujuću količinu emisija. U SAD, transport je vodeći faktor koji doprinosi emisiji gasova sa efektom staklene bašte, pri čemu skoro 30% potiče od vozila na benzin i dizel. Sličan trend se može videti u Evropi, gde skoro jedna četvrtina emisija gasova staklene bašte dolazi od goriva za transport (Nguyen, N.P., Mogaji, E. , 2022).

Kako automobilska industrija uskoro prolazi kroz ogromnu revoluciju, stručnjaci počinju da procenjuju njene društvene i ekološke implikacije. Iako većina AV ima električne motore, to ne znači nužno da je njihov ekološki otisak zanemariv.

5.5.2.1 Emisija izduvnih gasova autonomnih vozila

Kao što znamo, najveći ekološki problem u vezi sa automobilima na fosilna goriva ima veze sa emisijama koje proizvode. Ali šta je sa autonomnim vozilima?

Većina AV razvijenih danas ima visoko efikasne i izuzetno napredne električne motore koji nude ogromne mogućnosti za uštedu emisija. To je zato što generišu veoma malo emisija tokom svog životnog veka u poređenju sa konvencionalnim vozilima sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem koji rade na fosilno gorivo. Ipak, dok je emisija iz izduvnih cevi iz električnih vozila nula, koliko AV zapravo zagađuje zavisi od toga odakle dobijaju struju. Ako se baterije autonomnih električnih vozila (AEV - Autonomus Electric Vehicles) pune čistim izvorima energije, njihov uticaj na životnu sredinu je minimalan. Ipak, ne dobijaju sve zemlje svoju energiju iz obnovljivih izvora. U nekoliko američkih država većinu energije još uvek proizvode elektrane na ugalj, što vožnju električnih vozila čini manje održivom nego u onima koje se uglavnom oslanjaju na zelene izvore energije (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020).

Nesumnjivo je da će porast broja električnih vozila zajedno sa globalnom ekspanzijom obnovljivih izvora energije dovesti do značajnog smanjenja emisija u saobraćaju. A gledajući prognoze stručnjaka, to bi se moglo dogoditi ranije nego što očekujemo. Investiciona banka UBS predviđa da će do 2025. godine 20% svih novih automobila koji se prodaju širom sveta biti električni. Štaviše, konvergencija električnih i autonomnih vozila je savršeno usklađena, jer je računarima mnogo lakše upravljati automobilima sa električnim pogonskim sistemima. Što se tiče obnovljive energije, čisti izvori kao što su hidroelektrane, solarna energija, vetar, biomasa i geotermalna energija su u porastu širom sveta i samo u 2021. godini proizveli su zajedno 38% svetske električne energije (Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. , 2022).

5.5.2.2 Efikasnost autonomnih vozila

Autonomna vozila imaju ogroman potencijal da smanje emisije iz razloga što rade mnogo efikasnije od konvencionalnih vozila. Na količinu sagorelog goriva u konvencionalnim vozilima utiče stil vožnje. Obično se gorivo više troši kada dođe do stalnog kočenja ili neprekidnog menjanja brzina sa niže na višu brzinu, npr. tokom saobraćajnih gužvi (Parves Rana, M. , 2009).

Veoma napredni računari koji kontrolišu autonomna vozila omogućavaju mnogo priyatnije iskustvo vožnje – uz kontrolu brzine i ubrzanja, a samim tim i efikasniju upotrebu goriva – čine ih ekološki prihvatljivijom alternativom u smislu potrošnje električne energije i ukupnog zagađenja vazduha. Prema procenama američkog Ministarstva energetike, ovaj stil vožnje – koji stručnjaci iz industrije nazivaju automatizovanom „eko-vožnjom“ – može smanjiti potrošnju goriva za 15-20% (La Notte, A., Zulian, G. , 2021).

Dok ih inovativni sistemi koji pokreću AV čine znatno efikasnijim od konvencionalnih vozila, napajanje velikih računarskih potreba za veliki broj uređaja – od kamera i radara do različitih senzora i samog motora – zahteva velike količine energije. Podatke koje prikupljaju ovi različiti aparati treba kombinovati, sortirati i poslati kompjuterima u obliku instrukcija i sve to izaziva ogromnu potražnju za električnom energijom. Izveštaj koji je objavio Centar za održive sisteme Univerziteta u Mičigenu naglašava da bi AV sistemi mogli povećati upotrebu primarne energije vozila i emisije gasova za 3-20% zbog veće potrošnje energije, težine, otpora i prenosa podataka. Zbog ovih ogromnih zahteva za snagom, električni automobili koji se sami voze imaju još više smisla. Zaista, pokretanje ovakvih energetske intenzivnih računara na vozilima sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem samo bi značajno povećalo potrošnju goriva (Scyphers, S.B., Lerman, S.B., 2014).

Uzimajući sve u obzir, ova mana samovozećih vozila ne čini ove tipove vozila lošijim od konvencionalnih vozila, pošto su ukupne emisije koje emituju i dalje daleko niže od onih koje proizvode vozila sa pogonom na fosilna goriva. Štaviše, dok su AV tehnologije tek u povoju, stručnjaci se slažu da će kontinuirano istraživanje i razvoj značajno poboljšati ove podele u narednim godinama, čineći AV manjim, sposobnijim i, što je najvažnije, energetske efikasnijim (Nguyen, N.P., Mogaji, E. , 2022).

5.5.2.3 Uticaj autonomnih vozila na saobraćaj

U diskusiji o prednostima i nedostacima autonomnih vozila, potrebno je uvažiti njihov kapacitet da smanje saobraćajne gužve. Saobraćaj ne samo da povećava potrošnju goriva, već dovodi do povećanja emisije ugljen dioksida, zagađenja na otvorenom i izlaganja putnika tokom dužeg vremena visoko toksičnim hemikalijama koje se ispuštaju u vazduh.

Autonomna vozila mogu inteligentno da komuniciraju jedna sa drugima i sa putnom infrastrukturom. Uputstva koja ova vozila dobijaju sa različitih računara omogućavaju pametnije korišćenje puta, kroz bolje izračunavanje rute i efikasnu popunjenost puta, što posledično smanjuje potrošnju goriva i emisije izduvnih gasova. Usko povezana vozila takođe imaju tendenciju da se voze zbijeno, formirajući kolonu na putu sa minimalnim bezbednosnim rastojanjem. Ovaj fenomen – poznat kao „platooning“ – dovodi do poboljšanja bezbednosti, mobilnosti i uštede energije. U zavisnosti od broja vozila, njihovog razdvajanja i karakteristika, studije sugerišu da plotuiranje može smanjiti potrošnju energije od 3-25% (Hamilton, J., 2021).

Sve u svemu, kada su vozila u interakciji, saobraćaj se kreće stabilnije, što dovodi do manjeg zagušenja i smanjenja potrošnje energije do 4%. Štaviše, neki stručnjaci ističu činjenicu da bi dobar tok saobraćaja mogao da podstakne ljude koji rade u centru grada da se presele na periferiju grada ili ruralna područja jer bi se njihovo vreme putovanja na posao drastično poboljšalo.

5.5.2.4 Uticaj autonomnih vozila na navike vozača

Poslednji aspekt autonomnih vozila koji stručnjaci često ističu je da bi prelazak na automobile koji se samostalno voze u velikim razmerama doprineo smanjenju količine vozila na putu. Na primer, porodice koje često imaju više od jednog automobila mogu potencijalno da se oslone na jedan autonomni automobil koji će zadovoljiti sve potrebe. Automobil bez vozača bi zaista mogao da ostavi oba roditelja na poslu, decu u školi i da se samostalno odveze kući. Neki izveštaji procenjuju da će se do 2030. godine na putevima širom sveta kretati više od 11 miliona zajedničkih vozila bez vozača, koji će opsluživati u proseku 64 korisnika po vozilu (ThoughtLab, 2022).

Iako je ovo ohrabrujuće, sve veći broj studija takođe ističe da će autonomna vozila uticati na navike vozača na druge, ne nužno ekološki prihvatljivije načine. Na primer, AV omogućavaju ljudima da pošalju svoje automobile na putovanja sa „nultom zauzetošću“, npr. umesto da plaćaju parking korisnik bi mogao da odluči da pošalje automobil kući dok je na poslu, samo da bi ga pozvao na kraju dana. Iako je ovo svakako zgodno, nije nužno održivo sa stanovišta životne sredine (McPhearson, T., Hamstead, Z.A., & Kremer, P., 2014).

Još jedna stvar koju istraživači često ističu je da, pošto je sedenje osobe u automobilu kao putnika daleko manje stresno od vožnje, ljudi bi možda bili voljni da

preduzmu duža putovanja. Istraživanje iz 2019. godine sprovedeno u Kaliforniji, pokazalo je da 21-35% vlasnika autonomnih vozila češće putuje na velike udaljenosti – posebno vikendom – delimično zbog automatizovanih operativnih sistema (Dong, C., Akram, A., Andersson, D., Arnäs, P.-O., Stefansson, G. , 2021).

Slično tome, studija sprovedena iste godine u Sakramentu, Kalifornija, otkrila je da su domaćinstva koja imaju pristup usluzi šoferu – što su istraživači uporedili sa pristupom vozilu bez vozača – putovala skoro 60% više nego obično. Takođe su se udaljili od masovnog prevoza, vožnje, vožnje biciklom i pešačenja – koji su opali za 70%, 55%, 38% i 10%, respektivno – ka većoj upotrebi automobila (Zhu, Y., Mao, C., Jia, Q., Barnes, S.J., & Yao, Q. , 2022).

Ovi trendovi su ponovo potvrđeni u anketi iz 2021. godine sprovedenoj na ljudima koji voze delimično automatizovana vozila – gde autopiloti mogu da pomognu u zadacima vožnje – iako je ne preuzimaju u potpunosti. Tokom godinu dana, istraživači su otkrili da su vlasnici takvih automobila u proseku vozili skoro 5.000 milja (otprilike 8.000 kilometara) više od onih koji su posedovali konvencionalna vozila, priznajući da su spremniji da sede u saobraćaju i da putuju na veće daljine zbog povećanog komfora i smanjenog stresa koji ovi automobili dozvoljavaju (Sagheb, A., Esra'a, A., Ehsan, V., 2021).

5.5.3 Niskopodni tramvaji

Zagađenje vazduha i zagušenja se povoljno mogu rešiti obezbeđivanjem visokokvalitetnog šinskog javnog prevoza. Tramvaji su ozbiljna prilika za unapređenje javnog prevoza, smanjivanje saobraćajnih zagušenja i emisije izduvnih gasova. Tramvaji i laka železnica trebalo bi da čine suštinsku komponentu javnog prevoza, ispunjavajući sličnu ulogu onoj koju srećemo kod podzemne železnice koja je osnova izuzetno dobre povezanosti.

5.5.3.1 Savremeno shvatanje šinskih vozila

Izraz tramvaji, relativno je nova reč u svetu masovnog tranzita. Izgradnja teške železnice i metroa traje dugo i njihova upotreba je skupa. Ovo je način transporta koji koristi šinska vozila koja su svestranija od konvencionalnih „teških šinskih“ vozova i koja imaju ulične mogućnosti. Lako šinsko vozilo može savladati oštrije krivine od konvencionalnog voza (vertikalno i horizontalno), može savladati strmije nagibe i može

se zaustaviti mnogo brže tako da može da radi u režimu vidljivosti bez velikih zahteva za signalizaciju (Alizadeh, B., Hitchmough, J. , 2019).

Tramvaji su efikasan način za prevoz velikog broja ljudi u gradovima od 75.000 stanovnika naviše i mogu da prevoze 2.000-18.000 putnika na sat. Imaju dokazanu mogućnost u preusmeravanju ljudi iz automobila, stopa modalnog transfera od automobila do tramvaja u vršnim vremenima je obično oko 27% (ThoughtLab, 2022).

Tramvaj poboljšava imidž gradova i pomaže urbanoj regeneraciji. To donosi koristi u smislu privlačenja unutrašnjih investicija, kao i poslovnih i turističkih posetilaca, ponekad na štetu ostalih vrsta javnog prevoza koji nisu tramvajski. Kao deo integrisanog sistema javnog prevoza, tramvaji mogu privući vozače da izađu iz svojih automobila i na taj način smanjiti broj vozila u centru grada, posebno u vezi sa obezbeđenjem parkiranja i vožnje. Ovo ne samo da smanjuje broj vozila koja se kreću ulicom, već i potražnju za parkingom u centru grada (Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. , 2021).

Pretvaranje autobuskih koridora sa velikim prometom u tramvajske, takođe smanjuje broj autobusa, zamenjujući ih sa manjim brojem tramvaja koji obezbeđuju isti kapacitet prevoza putnika. Dostupni sistemi pružaju mogućnost praćenja krivina i nagiba urbanog okruženja što konvencionalni voz ne može da uradi. Sistemi lake železnice nude atraktivan i efikasan prevoz, smanjujući zagušenje i zagađenje nudeći vozačima alternativu za upotrebu automobila (La Notte, A., Zulian, G. , 2021).

Tramvaj pokreće velike tokove putnika na isplativiji način od autobusa, ali uz samo delić cene pune gradske železnice. Laka železnica/tramvaj je uglavnom prikladna u urbanim ili međugradskim sistemima u gradovima srednje veličine gde su potpuni metro sistemi neprikladni. U najvećim gradovima, podzemni/metro sistemi imaju tendenciju da budu glavni oslonac javnog prevoza, ali takvi gradovi mogu koristiti rešenje lake železnice da dopune sistem metroa (Serpen, G., Debnath, J. , 2019).

5.5.3.2 Učestalija usluga prevoza

Čak i kada se voze po nekadašnjim trasama šina, laka šinska vozila mogu ponuditi bolju uslugu jer mogu ponuditi češće usluge. Mogu se zaustaviti na više mesta jer su stajališta mnogo lakša i jeftinija za izgradnju od železničkih stanica. Tramvaji na rutama mogu ponuditi atraktivna vremena putovanja u poređenju sa automobilima i autobusima koristeći prednosti odvojenih trasa i najnovijih tehnika saobraćajnog inženjeringa kako bi se izbegla zagušenja na putu. Česta usluga lake železnice/tramvaja obezbeđuje sigurnost

na gradskim ulicama tokom celog dana, kako u vozilu tako i van njega. Sistemi tramvaja imaju pristup niskim podovima sa platforme, zajedno sa prostranim rasporedom koji omogućavaju lak pristup glavnom javnom prevozu za sve, uključujući roditelje sa kolicima za bebe i osobe sa invaliditetom koje koriste invalidska kolica (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

5.5.3.3 Zelena električna energija

Tramvaji su uglavnom električna vozila koja ne proizvode zagađenje na mestu pružanja usluga, mogu da koriste lokalno proizvedenu „zelenu“ električnu energiju, a vidljiva staza čini deljenje mesta sa pešacima bezbednom opcijom. Dakle, pešačke stanice sa tramvajima mogu obezbediti pristup delovima centra grada gde bi autobusi i automobili bili nametljivi (Huang, W., Guo, Y., Xu, X., 2020).

Značajan deo uspeha svakog sistema je demonstracija da promena načina života ljudi zbog upotrebe automobila i njegovih posledica zagađenja, može biti od značajne koristi za njih i njihovu okolinu. U nekim situacijama, gde konvencionalni tramvajski sistemi nisu prikladni, mogu se razmotriti srednje laka šinska vozila. Srednja laka šinska vozila mogu biti tramvajski vozovi koji mogu saobraćati na magistralnim prugama, ali imaju neke od karakteristika lakih šinskih vozila. Obično imaju visinu poda od 950 mm da bi omogućili nivo pristupa na standardnim železničkim platformama i fleksibilnost za platformu na nivou ulice, magnetne kočnice i balansiranje, sposobna da rade na liniji vidljivosti, da rade sa konvencionalnim vozovima i oslobađaju kapacitet na glavnim stanicama.

Ovo bi im omogućilo da voze na ne-segregiranim trasama koje pružaju bolji pristup na mestima gde železnička ruta nije blizu odredišta putnika i gde bi bilo teško ili preskupo izgraditi konvencionalnu železnicu (Li, H., Xia, Q., Wang, L., Ma, Y. , 2020).

5.5.3.4 Čisto i tiho

U međuvremenu, tehnologija lakih šinskih vozila (LRT - Light Rail Transit) je napravila veliki napredak. Čista je, relativno tiha i brža je za izgradnju od sistema teških železnica. Tramvaj ima potencijal da putniku pruži bezbedan prevoz, bolju ponudu prevoza uz istovremeno smanjenje ukupnih troškova, razvoj nove usluge za korisnike železnice, pružanje novih mogućnosti putovanja, prolaz pruge od mesta gde ljudi žele da idu do mesta polaska i odredišta, obezbeđujući lakši pristup vozovima, i u stvari ponovo vraćaju tramvaje ljudima. Početni troškovi su možda veći, ali ova investicija donosi niže

troškove tokom celog životnog ciklusa. Značajni dokazi iz Evrope pokazuju da se ovo razvija u značajne tokove prihoda i poboljšava modalni prelazak sa drumskog na železnički prevoz u urbanom području (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

5.6 Upotreba klasičnih i električnih bicikala, motocikala i električnih trotineta

Globalno zagrevanje je ozbiljan problem koji utiče na životnu sredinu širom sveta. Pošto sagorevanje fosilnih goriva igra značajnu ulogu u izazivanju ovog problema, neophodno je smanjiti upotrebu goriva kao što su gas i ugalj. Da bi se to uradilo, potreban je napor i vlada sveta i njihovih građana. Prosečni građani mogu da osećaju da njihovi postupci mogu imati samo minimalan efekat, ali ovo uverenje je pogrešno. Kada svi učestvuju, zajednički napor može biti uspešan. Međutim, da bi izvršili svoj deo posla, ljudi prvo moraju da shvate koje stvari mogu rutinski da obavljaju.

5.6.1 Uticaj klasičnih bicikala na smanjenje zagađenja

Zagađenje vazduha dolazi iz različitih izvora i vožnja automobila je samo jedan od njih. Svaki put kada osoba izabere bicikl umesto svog vozila, to smanjuje zagađenje vazduha u zajednici i gradu. Postoji nekoliko načina na koje vožnja bicikla umesto vožnje automobila može da smanji zagađenje i kada je neko svestana tih razloga, mnogo je veća verovatnoća da će izabrati bicikl nego automobil (Kellogg, S.T. , 2021).

Glavni razlog zašto biciklizam smanjuje zagađenje vazduha je taj što ne koristi gorivo. Prosečan automobil proizvede oko 9,94 milijarde kubnih metara zagađenog vazduha tokom svog životnog veka. Istrošene čestice guma, otpad od kočnica i emisije iz plastike i drugih materijala u automobilu takođe doprinose zagađenju vazduha. Bicikli, s druge strane, ne predstavljaju ovaj problem i odlučivanje za vožnju bicikla umesto vožnje automobila je veoma moćan način da se smanji zagađenje koje se proizvodi tokom dana.

Drugo, proizvodnja bicikla zahteva daleko manje energije nego proizvodnja automobila. Fabrike koriste energiju za stvaranje svojih proizvoda, a emisije u vazduh su posledica. Kada se bira bicikl, bira se opcija koja nije ispuštala toliko zagađivača dok je proizvođena. Procene pokazuju da se za svaki proizvedeni automobil proizvede nekoliko tona otpada i skoro 9,2 milijarde kubnih metara zagađujućih materija.

Konačno, biciklima nije potrebno motorno ulje ili baterije za rad. Ne samo da proizvodnja ovih predmeta zagađuje, već oni ispuštaju zagađenje u vazduh dok se koriste i kada se odlažu. Bicikli su čisto i zeleno rešenje problema.

Čak i kada se razmatraju hibridni automobili, bicikli su i dalje ekološki prihvatljiviji. Hibridni automobili su i dalje mnogo veći od bicikla i još uvek im je potrebna baterija, koja očigledno sadrži poznate kancerogene supstance. Hibridni automobili često imaju baterije od nikla, a iskopavanje nikla takođe doprinosi zagađenju vazduha (Djebabra, M., Bentarcia, T., Saadi, S., Bahmed, L. , 2006).

Kada se izabere bicikl umesto automobila, manje je verovatno da će se voziti dalje jer je teško voziti bicikl na velike udaljenosti. Kada smo u automobilu, lakše je putovati dalje od kuće, što ispušta još više zagađivača u vazduh.

Zagađenje vazduha može izazvati sve vrste zdravstvenih problema, od raka preko astme do problema sa kožom. Pošto bicikli rade na snagu mišića umesto na gorivo, možete da se krećete od mesta do mesta bez brige o štetnosti na životnu sredinu. Bicikli su mnogo pristupačniji od vozila i idealan su izbor za svakoga ko živi blizu svog radnog mesta i može brzo stići kući i obaviti kupovinu i druge poslove.

5.6.2 Uticaj klasičnih motocikala na smanjenje zagađenja

Pitanje koliko zagađenja emituje motocikl nije jednostavno. Većina ljudi pretpostavlja da motocikli moraju emitovati manje zagađenja po kilometru od automobila samo zato što su mnogo lakši i stoga moraju trošiti manje goriva. Ovo je tačno u vezi sa emisijom ugljen dioksida (CO_2) – generalno, gradski motocikli uzrokuju polovinu emisije CO_2 od prosečnog automobila. Međutim, neki motocikli visokih performansi izazivaju više emisija od prosečnog automobila. Ovo je pozitivno u smislu uticaja klimatskih promena, pošto je CO_2 značajan gas staklene bašte. Tamo gde motocikli imaju lošije ocene je u pogledu prizemnog zagađenja - i, stoga, direktnog uticaja na zdravlje - sa njihovim neproporcionalno većim emisijama ugljovodonika (HC), azotnih oksida (NO_x) i ugljen monoksida (CO). Ovo je zabrinjavajuće, pa gradske vlasti sve više koriste bicikle za prevazilaženje i ograničavanje zagušenja (Hua, L., Shao, G., Zhao, J. , 2017).

Razlog za ovo neslaganje je taj što su motori motocikala i dalje daleko manje napredni u pogledu efikasnosti goriva od motora automobila na benzin. Prema istraživanju Švajcarske savezne laboratorije za ispitivanje i istraživanje materijala upoređene su performanse pojedinačnih emisija sedam motocikala sa prosečnim performansama 17 standardnih Euro 3 automobila na benzin koji su se prodavali 2021. godine. Emisije HC i CO bile su „često značajno veće“ za motocikle nego za automobile. Na primer, kada se uporedi Piaggio Vespa iz 2007. godine od 124 cm^3 sa automobilima

u urbanim uslovima vožnje, skuter je emitovao 36 puta više CO po kilometru, 141 puta više HC (efekat koji je u velikoj meri izazvan karburatorom motocikla, koji se može znatno smanjiti upotrebom sistema za ubrizgavanje goriva), 1,7 puta više NO_x, ali 6,3 puta manje CO₂ od prosečnog automobila. Iznenadjujuće, motocikl BMW 1130cc iz 2009. godine bio je u rangu sa skuterom u pogledu emisije HC i CO, mnogo bolji za NO_x, ali predvidljivo lošiji - oko četiri puta lošiji po zagađenju sa CO₂ (Chen, P. , 2022).

5.6.3 Uticaj električnih motocikala na smanjenje zagađenja

Uprkos poznavanju e-bicikla, automobila i kombija, električni motocikl (e-motocikl) zaostaje u prihvatanju. U Evropskoj uniji je 2020. godine registrovano preko 18.600 električnih motocikala, što je povećanje od oko polovine obima prodaje u 2019. na ključnim tržištima.³⁹ (Statista, 2023)

Danas brojne države u EU imaju plan da do 2050. godine dostignu nultu neto emisiju ugljenika, a vozila na benzin i dizel – uključujući motocikle – postepeno se gase do 2040. godine. Svaki prelazak sa benzina i dizela na vozila na električni pogon pomoći će poboljšanju kvaliteta vazduha u gradovima, smanjenju buke i smanjenju emisije CO₂.

Mnogi proizvođači tvrde da njihovi modeli e-motocikla mogu da pređu do 200 km pre nego što im zatreba punjenje, što zvuči impresivno. E-motocikli su važni jer će pomoći u dekarbonizaciji transporta, prelasku ljudi sa motocikala koji sagorevaju fosilna goriva i usmeravanju na e-motocikle sa nultom emisijom. Tamo gde su razdaljine putovanja predugo za e-bicikl ili bicikl sa pedalom, ili se isporuke moraju obaviti brzo (kao što je isporuka hrane), e-motocikli su jedina trenutna izvodljiva opcija koja bi mogla da zameni klasične motocikle (Liang, D., de Jong, M., Schraven, D., Wang, L., 2021).

Istraživanja pokazuju da je domet pri punom punjenju prepreka entuzijastima koji prelaze na električni pogon. Mnogi entuzijasti biciklizma odlaze vikendom i pređu mnogo milja u danu, mnogo više nego što trenutni električni motocikli mogu da postignu. Potrebna nam je tehnologija koja odgovara trenutnom dometu klasičnih motocikala. Električni motocikli mogu imati veće ubrzanje i veći obrtni moment od klasičnih motocikala i ove performanse mogu podstaći njihovo prihvatanje kada ih ljudi zaista probaju. Industrija motociklističkih trka pokušava da prevede motocikle sa nultom emisijom u mejnstrim, prvo prvenstvo u električnim otociklima održano je 2019. godine.

³⁹ Španija je 2020. godine imala najveći broj registracija električnih motocikala sa oko 6.100.

Prednost e-motocikla je što se može puniti pomoću standardnog 3-pinskog utikača. Neki imaju uklonjive kasete za baterije, tako da se baterije mogu puniti dalje od vozila, bez potrebe za ležištima za punjenje. Neki e-motocikli, ali ne svi, mogu brzo da se pune, što omogućava dodatnih 160 km dometa za samo sat vremena. Skoro svi e-motocikli trenutno koriste 3-pinske punjače. Ako bi se više proizvodilo sa utičnicom tipa dva, koja se češće nalazi na e-automobilima, e-motocikli bi mogli da budu deo sistema od vozila do mreže (V2G - Vehicle to Grid). V2G sistem omogućava povezanom elektronskom vozilu da se puni kada su potrebe za energijom u mreži niske, a cene električne energije jeftinije. Sistem takođe može da potisne energiju iz baterije e-vozila nazad u mrežu u vremenima velike potražnje. Korišćenje obnovljivog izvora električne energije, dodatno bi pomoglo da se smanji uticaj putovanja sa e-motociklom (Jang, C.-L., Hsiao, L.H.C. and Yeh, S.-P. , 2018).

Neke humanitarne organizacije koriste električni motocikl u svom dobrotvornom radu u isporuci krvi i drugih malih paketa do pacijenata. E-motocikli se mogu koristiti za dostavu sitne robe i hrane za poneti, kao i za duža putovanja u gradovima koji su predaleko da bi ljudi mogli stići biciklom. Poželjno je da ljudi koriste aktivna putovanja, kao što su šetnja, biciklizam ili da koriste javni prevoz za kretanje po gradovima, ali gde je potrebno, električni motocikl je veoma efikasan način prevoza sa nultom emisijom. Mala veličina vozila takođe smanjuje zagušenje. Neki evropski gradovi koriste zajedničke šeme e-motocikla, putem aplikacije, koja omogućava korisnicima da iznajmljuju, preuzimaju i ostavljaju e-motocikle po ceni po minuti u određenim urbanim zonama (Tavares, P.A., Beltrão, N.E., Guimarães, U.S., Teodoro, A.C., Gonçalves, P. , 2019).

Najzad, postoji i opcija finansijske pomoći ljudima koji žele da kupe električni motocikl. Na primer, to su beskamatni zajmovi za e-motocikle i e-mopede do 20% nabavne cene za ova vozila, do maksimalno 10.000 EUR.

5.6.4 Uticaj električnih bicikala i trotineta na smanjenje zagađenja

5.6.4.1 Uticaj električnih bicikala na smanjenje zagađenja

Jedna od opcija je da se koristi električni bicikli ili e-bicikl za prevoz. E-bicikli su bicikli sa električnim motorom. Vozači ga pokreću pomoću pedala, koje se takođe mogu pokretati električnim motorom. E-bicikli mogu imati maksimalnu brzinu od oko 28 milja

(44,8 km) na sat. Najbolji način da se koristi električni bicikl je da se sazna kako njihova upotreba pomaže u očuvanju životne sredine.

a) Nulta emisija

E-bicikli se kreću drugačije od drugih vrsta transporta sa pogonom. Tamo gde automobili, kamioni i motocikli obično rade na benzin i dizel koji oslobađaju emisije ugljenika u atmosferu, e-bicikli ne rade. Umesto toga, smatraju se vozilima sa nultom emisijom i rade na čistu energiju. Kao rezultat toga, njihova upotreba sprečava oslobađanje otprilike 220kg emisije ugljenika (Serpen, G., Debnath, J. , 2019).

b) Sprečavanje zagađenja vazduha

Zagađenje je ozbiljan problem koji opterećuje mnoge gradove. To izaziva respiratorne i druge probleme koji mogu biti opasni za neke osobe. Smog, koji je vrsta zagađenja, jedan je od vidljivijih razloga zašto ljudi koriste e-bicikle, posebno ljudi koji žive u prometnim urbanim sredinama. Kao vozila sa nultom emisijom, e-bicikli ne doprinose zagađenju vazduha (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. , 2020).

c) Dugotrajne baterije

Smanjenje otpada je jedan od načina da se smanji ugljenični otisak. Jedna od prednosti posedovanja i vožnje e-bicikla je da proizvodi malo otpada. To, međutim, ne znači da ne proizvodi nikakav otpad. Kao i automobili, e-bicikli imaju bateriju koja se na kraju mora zameniti. Ove baterije potencijalno mogu završiti na deponijama, ali su dugotrajne i ne moraju se menjati dugi niz godina. Pored toga, mogu i treba da se recikliraju. Većina baterija za e-bicikle, za razliku od onih u automobilima, su litijum-jonske i ne sadrže olovo. Ovo je dobro za životnu sredinu, jer su baterije koje sadrže olovo opasne po okolinu (Kremer, P., Hamstead, Z.A., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabisch, N., Larondelle, N., Rall, E.L., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez Baggethun, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J., 2016).

d) Punjenje van radnog vremena

Punjenje baterije znači crpljenje struje iz električne mreže. Iako je ova potrošnja neophodna, to ne mora biti napor. Posle dugog dana, korisnik može da napuni svoj bicikl u vreme van špica. Sati van špica obično nastaju kasnije tokom dana, kada je potražnja za električnom energijom najniža. To je takođe vreme kada se može iskoristiti višak

energije koju je proizvela elektro kompanija. Korišćenjem električne energije tokom ovog vremena, e-bicikl manje opterećuje električnu mrežu, sprečavajući je da bude preopterećena velikom upotrebom i smanjuje rizik od nestanka struje. U ovom trenutku, pored ekoloških prednosti punjenja, potrošači će lično imati koristi od nižih cena električne energije povezanih sa korišćenjem van radnog vremena (Friess, D.A. , 2017).

e) Održiva energija

Korišćenje solarne energije i energije vetra je alternativa standardnoj električnoj energiji koja smanjuje ugljenični otisak čak i više od upotrebe električne energije van radnog vremena. To je izbor zelene energije, jer su sunce i vetar neograničeni i obnovljivi. Industrija solarne energije i vetra stalno raste u SAD, a u godinama koje dolaze verovatno će postati sve pristupačnija i za osobe koje su zainteresovane za zdraviji način života (Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. , 2021).

f) Čuvanje puteva

Vožnja električnog bicikla ima pozitivan uticaj na životnu sredinu na više načina. Oni su lakši i generalno uzrokuju manje štete na putevima od drugih, težih oblika transporta. Kada automobili i kamioni oštete kolovoze, teške mašine se koriste za vršenje neophodnih popravki. Ove mašine imaju visoke emisije koje doprinose zagađenju i dodatno štete životnoj sredini (GreenBlue, 2017).

g) Ekološka putovanja

Električni bicikli su izuzetno efikasna opcija prevoza, čak šest puta efikasnija od vožnje vozom. Osim što su ekološki prihvatljiviji, pružaju i veću slobodu kretanja bez ograničenja u rasporedu i omogućavaju putovanje po želji. Kada koristimo voz ili autobus, suočavamo se sa većom gužvom i potencijalno neprijatnim situacijama vezanim za zdravlje drugih putnika. Sa druge strane, električni bicikli ne samo da smanjuju gužve na putevima, već su i tiši, pružajući priyatnije iskustvo vožnje (Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. , 2020).

h) Zeleni način za zabavu

Putovanje na posao nije jedini razlog zašto ljudi koriste električne bicikle. Briga o životnoj sredini se ne završava vikendom ili slobodnim danima. Pored prigradskih električnih bicikala, postoje i off-road e-bicikli koji su dizajnirani za istraživanje terena koji je neravniji od gradskih ulica. Mogu se koristiti za istraživanje prirode ili vožnju stazama. Cargo e-bicikli su još jedna opcija koja je idealna za ljude koji uživaju u

kupovini i potrebna im je dodatna snaga za pomoć pri transportu robe (Grafius, D.R., Corstanje, R., Warren, P., Evans, K.L., Hancock, S., Harris, J., 2016).

5.6.4.2 Uticaj električnih trotineta na smanjenje zagađenja

Ljudi kupuju električne trotinete (e-trotinete) iz mnogo razloga, kao što je zabavan, kompaktan, brz i jeftin način putovanja u poređenju sa drugim sredstvima prevoza. Drugi razlog zašto ih ljudi kupuju je taj što je to ekološki prihvatljiviji način kretanja, jer takav osećaj predstavlja zadovoljstvo. Takođe, poznato je da postoji velika negativna konotacija u štampi i javnom mnjenju da su trotineti ekološka katastrofa. To je razlog više zašto treba razraditi ovu temu, držeći se činjenica, a ne subjektivnih mišljenja. Ukratko, u poređenju sa drugim načinima prevoza, e-trotineti su prilično ekološki, jer ne zagađuju vazduh tokom vožnje zbog svoje punjive baterije, što znači nultu emisiju. Ipak, ako se proceni ceo lanac vrednosti, od proizvodnje do reciklaže, dobiće se puna slika i poštena osnova za poređenje (Alizadeh, B., Hitchmough, J., 2019).

Sa druge strane, nije zeleno sve što se ne vidi, jer je čak 50% uticaja ugljenika povezano sa proizvodnim procesom. Na primer, proizvodnja baterije za e-trotinete proizvodi oko 20 grama CO₂-ekvivalenata (CO_{2e}) emisije gasova sa efektom staklene bašte, a karoserija i gume trotineta sadrže 184 grama CO_{2e}, ukupno do 204 grama CO_{2e}. Iako se ovi brojevi u početku mogu videti kao vrlo visoki i uporedivi su sa proizvodnjom električnih automobila, kada se pogleda ukupni trošak vlasništva, električni trotineti postaju mnogo zeleniji u poređenju sa drugim alternativama, uključujući automobile, autobuse, pa čak i javni prevoz. Slično tome, mogu se pogledati druge brojke koje daju potrošeno gorivo i CO₂ emitovan po putnik / kilometru, tako da se lako može videti da je poređenje između automobila i električnih trotineta daleko od bliskosti (Friess, D.A., 2017).

Električni trotineti pokazuju energetska efikasnost u poređenju sa svim drugim vrstama prevoza. Može se nadmašiti samo tradicionalnim (neelektričnim) biciklima i naravno hodanjem (Hamilton, J., 2021).

Jedan od najvećih razloga za emisije koje izazivaju električni trotineti je transport i sakupljanje za njihovo punjenje. Električni trotineti bez priključka treba da se otpreme na svoja polazišta i kasnije sakupe i premeste na punjenje, a to znači da se koriste kamioni koji će prirodno emitovati CO₂. Sakupljanje i preraspodela trotineta čini 43% njihovog ukupnog uticaja na životnu sredinu. Postoji pozitivan trend da ovim operativnim radom

odnedavno upravljaju teretni bicikli, ali to je tek u početnoj fazi (Horgan, D., Baum, T. , 2022).

Potrebno je, međutim, naglasiti da se ove analize fokusiraju samo na „deljene trotinete“ koje svi vidimo na ulicama, ali ne nužno i na model vlasništva. I takođe treba naglasiti da su brojke o prodaji (broj vlasnika) preko 30-50 puta veće od modela deljenja. Dakle, priča je zapravo sasvim drugačija kada se fokusira na ljude koji kupuju i koriste ove uređaje kao glavno prevozno sredstvo (HEAL, 2020).

Još jedna pogrešna percepcija koju treba da istaknemo je da većina ljudi tvrdi da električni trotineti samo zamenjuju hodanje, što je uglavnom tačno za zajedničke električne trotinete, ali to nije slučaj za njihove vlasnike. Posedovanje električnih trotineta drastično smanjuje upotrebu automobila. Preko 40% vlasnika zaista zamenjuje automobile u svojoj mobilnosti, što je zanemarljivo malo u slučaju korisnika zajedničkih trotineta (ispod 10%) (Klimas, E., Lideika, M. , 2018).

Prema istraživanju Evropskog parlamenta, transport je odgovoran za skoro 30% ukupne emisije CO₂ u EU, od čega 72% dolazi od drumskog saobraćaja. Naravno, tip vozila se menja u zavisnosti od toga koliko zagađuje, ali automobili u proseku čine 60,7% ukupne emisije CO₂ iz drumskog saobraćaja u Evropi. Dakle, posedovanjem e-trotineta, moguće je smanjiti ovaj veliki broj emisija izazvanih automobilima (EEA, 2017).

Još jedan veliki problem je ograničen životni vek e-trotineta. Svaki e-troinet će imati drugačiji životni vek, u zavisnosti od njegovih dizajnerskih karakteristika. Procenjuje se da će električni trotineti u proseku trajati oko dve godine. Ovaj kratak vek trajanja značajno povećava negativan ekološki uticaj trotineta, jer kako se koriste samo kratko, negativni uticaj baterija se ne amortizuje tokom dužeg perioda. Rasprostranjene tokom prosečnih 1.200 km životnog veka trotineta, emisije izazvane tokom procesa proizvodnje iznose 272,1 grama CO_{2e} po životnoj milji trotineta. Sa novim tehnološkim napretkom i boljim dizajnom koji se pojavljuju na tržištu, ovaj period se stalno povećava. Sada postoji mnogo e-trotineta koji imaju životni vek od 3-5 godina. Ipak, ovo čini održavanje e-trotineta ključnim (Florida,R., 2019).

E-otpad je najbrže rastući vid otpada u EU i manje od 40% se reciklira. Potrošena elektronska i električna oprema sadrži potencijalno štetne supstance koje zagađuju životnu sredinu. Kada se e-otpad ne rastavlja pažljivo, on oslobađa čestice prašine ili toksine, kao što su dioksini, u životnu sredinu koji izazivaju zagađenje vazduha i oštećuju

zdravlje disajnih organa. EU je objavila nove mere u okviru „Evropskog zelenog dogovora“ koji ima za cilj prelazak na cirkularnu ekonomiju, povećanjem održivosti proizvoda koji se prodaju na tržištu EU. Nova mera eliminiše otpad i zagađenje, cirkuliše proizvode i materijale u njihovoj najvišoj vrednosti i regeneriše prirodu. U kružnoj ekonomiji, otpad se sprečava tako što se osigurava da su proizvodi za ponovnu upotrebu, recikliranje i popravke. Što se tiče cirkularne ekonomije, organizacija u Belgiji, napravila je biblioteku alata korišćenih delova. Oni pozajmljuju korišćene alate građanima kao način da smanje kupovinu novih i promovišu ponovnu upotrebu i popravku (Jang, C.-L., Hsiao, L.H.C. and Yeh, S.-P. , 2018).

6. ZAKLJUČAK

Urbani ekosistemi održavaju ljude, povezane alohtone organizme i neke autohtone vrste i ostatke prirodnih staništa. Međutim, urbani ekosistemi su ekološka „ostrva“ koja se oslanjaju na okolni region da kontinuirano snabdevaju ogromne količine prirodnih resursa i asimiluju otpad. Veliki izazov za urbane ekologe je da razviju bolje razumevanje strukture i funkcije urbano-industrijskog tehno-ekosistema, uključujući razmenu materijala i energije i faktore koji utiču na biodiverzitet. Ovo znanje može pomoći da se identifikuju ekološki patološki odnosi, koji se zatim mogu ublažiti kako bi se smanjio urbano-industrijski otisak. Ako se to uradi, onda moderni gradovi mogu postati ekološki održiviji nego što je to sada slučaj.

Ovaj rad se bavi važnim konceptima vezanim za urbani ekosistem. Urbana područja su sastavljena od prirodnih i izgrađenih sistema. U gradu se ekološki procesi, koji uključuju imigraciju i agense širenja, često dešavaju u delovima staništa, koji su povezani hodnicima. Urbani ekosistemi imaju različita fizička i hemijska svojstva, koja u velikoj meri utiču na distribuciju vrsta, funkcionisanje ekosistema i pružaju obilne usluge ekosistema, predstavljaju održivi turizam, uštedu energije, povećavajući biodiverzitet, smanjujući troškove životne sredine i obezbeđujući zdravstvene beneficije za stanovnike. Danas, međutim, urbani razvoj ugrožava zdravlje ljudi i neke elemente biodiverziteta, što je uglavnom uzrokovano klimatskim promenama, posebno urbanim toplotnim ostrvom, zagađenjem životne sredine i fragmentacijom staništa. Zeleni koridor se predlaže kao pragmatičan pristup u povezanosti različitih grupa struktura staništa, a samim tim i genetskog diverziteta. Podpovršinske mikrobne zajednice su takođe povezane sa glavnim biohemijским procesima koji podržavaju rast biljaka i osiguravaju ključne usluge ekosistema koje uključuju kruženje azota, biorazgradnju i razgradnju.

U sve urbanizovanijem svetu, usvajanje održivih praksi za zajednice je ključno za poboljšanje i održavanje zdravlja životne sredine u urbanim sredinama. Ovo bi moglo biti od pomoći za usmeravanje urbanističkog planiranja u svrhu poboljšanja urbanog biodiverziteta ili bioremedijacije kao vodiča za buduće upravljanje zelenim inovacijama. Da bi to uradili, istraživači iz različitih disciplina, kako u nacionalnoj tako i u međunarodnoj saradnji, mogu da se pozabave mnogim pitanjima životne sredine, a samim tim i dobrobiti ljudi u gradovima. Da bi se to istražilo, potrebni su multidisciplinarni,

interdisciplinarni, transdisciplinarni projekti kako bi se razrešili trenutni izazovi povezani sa biodiverzitetom, uslugama ekosistema i klimatskim promenama u urbanim oblastima.

Mnoge zemlje, posebno zemlje u razvoju, ubrzano se urbanizuju. Ujedinjene nacije su objavile da se globalna urbana populacija povećala za 4,6 puta sa 751 miliona (30% svetske populacije) 1950. godine na 4,2 milijarde (55%) u 2018. godini, a predviđa se da će 2050. godine broj dostići 6,4 milijarde (68%). Urbanizacija je važna za ekonomski rast, smanjenje siromaštva i ljudski razvoj. Međutim, brz rast gradova značajno dovodi u pitanje ciljeve održivog razvoja UN (SDG). Jedna od glavnih prepreka je urbano zagađenje vazduha, koje predstavlja jedan od najvećih rizika za javno zdravlje širom sveta. Na osnovu podataka dobijenih iz tih gradova koji rutinski prate kvalitet vazduha, Svetska zdravstvena organizacija (SZO) procenila je da preko 80% ljudi koji žive u gradovima udiše zagađen vazduh koji prelazi propisane granice SZO. Svake godine, 4,2 miliona smrtnih slučajeva pripisuje se zagađenju vazduha širom sveta.

Formiranje i kontrola kvaliteta vazduha u gradovima su dugotrajni i složeni problemi. Zagađenju vazduha u gradovima doprinose različiti izvori, kao što su drumski saobraćaj, industrija i domaćinstva. Pored toga, urbani oblici i vremenski uslovi mogu ograničiti disperziju zagađivača vazduha (npr. ugljen monoksid, oksidi azota, primarne čestice, oksidi sumpora i isparljiva organska jedinjenja) i uticati na stvaranje sekundarnih zagađivača (npr. ozona i sekundarnih organskih aerosola), što dovodi do značajnih vremenskih i prostornih varijacija i komplikuje probleme zagađenja vazduha. Istraživanja o praćenju, modeliranju, karakterizaciji i kontroli zagađenja vazduha u urbanim sredinama su od velikog značaja za ekonomski rast i javno zdravlje. Stoga, ova istraživačka tema ima za cilj da produbi naše razumevanje karakterizacije, formiranja i evolucije zagađivača vazduha u urbanoj atmosferi, kao i njihovog uticaja na kvalitet vazduha, zdravlje ljudi i klimatske promene.

Istraživanje u ovom radu pokazalo je da veliki broj privatnih vozila u Beogradu koja uključuju motore, automobile sa benzinskim ili dizel motorom izazivaju značajno zagađenje vazduha. Danas ljudi preferiraju korišćenje privatnih vozila kao svakodnevni prevoz jer se javni prevoz trenutno smatra manje efikasnim i udobnim. Međutim, ako postoje poboljšanja u javnom prevozu, većina ispitanika je spremna da promeni korišćenje javnog prevoza, što će dovesti do značajnog smanjenja emisije CO, NO_x, PM i HC u urbanim sredinama. Faktori koji utiču na to da ljudi odluče da koriste javni prevoz

(autobus, trolejbus i tramvaj) su spoljašnji i unutrašnji. Jedna eksterna varijabla kao što je gužva u saobraćaju može opredeliti korisnike da promene prevoz, odnosno ako je dostignut određeni stepen zagušenja (nivo koji za sada nije dostignut). Sa trenutnim ograničenjem kapaciteta puteva koji nije u stanju da prihvati rast broja privatnih vozila, uskoro će kritični nivo biti dostignut i korisnici neće imati drugog izbora osim da menjaju način prevoza. Unutrašnje varijable utiču na izbor ljudi da promene stav. Praktičnost i pristupačna cena privući će ljude da promene režim prevoza. Niska cena javnog prevoza (transporta) smanjuje izdatke za troškove goriva a praktičnost se ogleda u fleksibilnijoj lokaciji stajališta javnog prevoza koja mogu biti lakše dostupna mestima prebivališta. Pored ovih faktora, tu su i izvesnost reda vožnje, cena parkinga i faktori dostupnosti parkinga na odredištu koji takođe utiču na izbor javnog prevoza. Uprkos tome što postoji nekoliko varijabli koje su dominantnije od ostalih, rezultati pokazuju da aktivnosti na unapređenju objekata javnog prevoza kao i primena i izgradnja bolje tehnologije prevoza, utiču da će se smanjivanje broja korisnika privatnih vozila svakako uspešno odvijati.

Ova istraživačka tema imala je za cilj da pruži platformu za istraživače da podeli svoje najnovije studije o zagađenju vazduha u gradovima, sa posebnim fokusom na zagađenje vazduha u urbanim sredinama vezano za transport. Specifične teme ove istraživačke teme uključivale su identifikaciju izvora i doprinos različitih zagađivača vazduha, efikasno i ekonomično praćenje kvaliteta vazduha u gradovima, karakterizaciju hemijskog sastava gasova za praćenje i čestica, mehanizme stvaranja i disperzije zagađivača vazduha, procenu ekoloških i zdravstvenih rizika povezanih sa zagađenjem vazduha u gradovima, te mere kontrole za rešavanje urbanog zagađenja vazduha izazvanog različitim izvorima kako iz drumskog saobraćaja, tako i iz izgrađenog okruženja.

Na osnovu svega navedenog, može se konstatovati da se radi o vrlo aktuelnoj temi, koja zaokuplja naučne radnike iz mnogih oblasti. Ova tema je interesantna, kako autorima koji se bave ekologijom, tako i autorima koji se bave mašinstvom i konstrukcijom motora motornih vozila. Shodno tome, svi oni imaju zajednički cilj, a to je da se stvore saobraćajni uslovi koji predstavljaju najbolji odnos minimiziranja zagađenja i frekventnosti saobraćaja u urbanim ekosistemima. Loš uticaj putničkih vozila se, prema raznim literaturnim izvorima, može sprečiti sistemskim pristupom u oblasti organizovanja javnog prevoza, čime bi se zagađenje smanjilo, a i saobraćajne gužve bi

izgubile na intenzitetu. Isto tako, prelazak na hibridna i električna prevozna sredstva deluje kao racionalno rešenje.

Struktura doktorske disertacije je sa namerom raščlanjena na nekoliko delova. Treba istaći i to da je problem zagađenja životne sredine od strane motornih vozila u svetu detektovan dosta davno, a kod nas relativno skoro. Razlozi za to su prevashodno socio-ekonomske prirode. Kroz predstavljanje problema samog istraživanja, zatim cilja, hipoteza, metodologija i spiska potencijalne literature, autor je želeo da verno i što detaljnije objasni temu svoje doktorske disertacije, a uz to i da opiše koje rezultate očekuje izradom doktorske disertacije sa ovom tematikom.

7. LITERATURA

- 1) Acea. (2023). Preuzeto sa <https://www.acea.auto/>
- 2) Adler, F., Tanner, C. (2013). *Urban Ecosystems: Ecological Principles for the Built Environment*. Cambridge University Press, 1st edition
- 3) Agoda. (2023, 01 01). Preuzeto sa <https://www.agoda.com/parkroyal-on-pickering/hotel/singapore-sg.html?cid=1844104>
- 4) Ahmad, M.O., Ahad, M.A., Alam, M.A., Siddiqui, F., Casalino, G. (2021). Sajber-Physical Systems and Smart Cities in India: Opportunities, Issues, and Challenges. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21.
- 5) Alberti, M. (2008). *Advances in Urban Ecology: Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Springer.
- 6) Alizadeh, B., Hitchmough, J. (2019). "A review of urban landscape adaptation to the challenge of climate change". *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 11 No. 2, pp. 178-194. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-10-2017-0179>.
- 7) Alizadeh, B., Hitchmough, J. (2019). "A review of urban landscape adaptation to the challenge of climate change",. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 11 No. 2, pp. 178-194. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-10-2017-0179>.
- 8) Alkier, R., Milojica, V., Roblek, V. (2022). "The complexity of the tourism supply chain in the 21st century: a bibliometric analysis", *Kybernetes*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/K-03-2022-0430>.
- 9) Alnajjar, H.Y.H., Üçüncü, O. (2023). "Removal efficiency prediction model based on the artificial neural network for pollution prevention in wastewater treatment plants", *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
- 10) Alvey, A. Alexis. (2006). *Promoting and preserving biodiversity in the urban forest, Environmental Science, Urban Forestry & Urban Greening*.
- 11) Anderson, B. (2018, 07 21). *Apartment Renters Now Expect Sustainable Design Features in Their Units*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://www.wealthmanagement.com/multifamily/apartment-renters-now-expect-sustainable-design-features-their-units>
- 12) Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., Panori, A. (2018). "Enhancing sustainable urban development through smart city applications", *Journal of Science and Technology Policy Management*, Vol. 9 No. 2, pp. 146-169. h.
- 13) AQICN. (2023). Preuzeto sa <https://aqicn.org/city/delhi/>
- 14) Arévalo, C., Amaya-Espinel, J.D., Henríquez, C., Ibarra, J.T., Bonacic, C. (2022). Urban noise and surrounding city morphology influence green space occupancy by native birds in a Mediterranean-type South American metropolis. *Scientific Reports*, 12.
- 15) Automobili. (2020, 01 11). *Automobili i zagađenje vazduha – kako riješiti ovaj problem?* Preuzeto sa <https://www.automobili.ba/automobili-i-zagadjenje-vazduha-kako-rijesiti-ovaj-problem/>
- 16) Ayob, S.F., Sheau-Ting, L., Abdul Jalil, R., Chin, H.-C. (2017). "Key determinants of waste separation intention: empirical application of TPB",. *Facilities*, Vol. 35 No. 11/12, pp. 696-708. <https://doi.org/10.1108/F-06-2016-0065>.
- 17) Babí Almenar, J., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Navarrete Gutiérrez, T., Sonnemann, G.W., Geneletti, D. (2021). Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy*, 100, 104898.
- 18) BalkanGreen. (2022). *U Skoplju i još četiri grada vanredne mere zbog zagađenosti vazduha*. Preuzeto sa <https://balkangreenenergynews.com/rs/u-skoplju-i-jos-cetiri-grada-vanredne-mere-zbog-zagadjenosti-vazduha/>

- 19) Basagañna, X., Triguero-Mas, M., Agis, D., P´erez, N., Reche, C., Alastuey, A., Querol, X. (2018). Effect of public transport strikes on air pollution levels in Barcelona. *Sci. Total Environ.* 610–611, 1076–1082.
- 20) Beara, G. (1989). *Saobraćaj i životna sredina*. Beograd: Naučna knjiga.
- 21) Berkowicz, R., Winther, M., Ketzel, M. (2016). Traffic pollution modelling and emission data. *Environ. Model. Softw.*, 454–460.
- 22) Berkowicz, R., Winther, M., Ketzel, M. (2016). Traffic pollution modelling and emission data. *Environ. Model. Softw.*, 454–460.
- 23) Berulec, I. (2015). *Primena informatičke tehnologije u organizaciji parkiranja u gradovima*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.
- 24) Bhandarkar, S. (2013). Vehicular Pollution, Their Effect on Human Health and Mitigation Measures. *Vehicle Engineering (VE) Vol. 1 (2)*, 33–40.
- 25) Bigazzi, A., Figliozzi, M. (2014). Review of Urban Bicyclists' Intake and Uptake of Traffic-Related Air Pollution,. *Transport Reviews*, 34:2, 221–245, DOI: 10.1080/01441647.2014.897772.
- 26) Blagojević, I., Mitić, S. (2017). *Vozila i životna sredina*. Beograd: Mašinski fakultet.
- 27) Bouregaa, T. (2022). "Climate change projections for Algeria: the 2030 water sector development strategy", *Foresight*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/FS-05-2021-0110>.
- 28) Božić, B. (2011). *Ekonomija saobraćaja*. Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta, Beograd, 2011, str. 244.
- 29) Breuste, J., Pauleit, S., Haase, D., Sauerwein, D. (2021). *Urban Ecosystems: Function, Management and Development*.
- 30) Briggs, D., de Hoogh, C., Gulliver, J., Wills, J., Elliot, P., Kingham, S., Smallbone, K. (2000). A regression-based method for mapping traffic-related air pollution: application and testing in four contrasting urban environments. *Science of The Total Environment Volume 253, Issues 1–3, 15 May 2000, Pages 151–167*.
- 31) Buchholz, S., Krein, A., Junk, J., Heinemann, G., Hoffmann, L. (2013). Simulation of Urban-Scale Air Pollution Patterns in Luxembourg: Contributing Sources and Emission Scenarios. *Environ. Model. Assess.* 2013, 18, 271–283. [CrossRef].
- 32) BUSPLUS. (2022). *Gradski prevoz*. Preuzeto 06. 01, 2022 sa <https://www.beograd.rs/lat/zivot-u-beogradu/1635-gradski-prevoz/>
- 33) Cao, Y. (2021). RETRACTED ARTICLE: Artificial intelligence-based plant environment detection in coastal areas and B2C e-commerce network marketing. *Arabian Journal of Geosciences*, 14.
- 34) CCV. (2021, 03 21). [Case] *Mobility as a Service (MaaS) in Public Transport*. Preuzeto 01. 01, 2023 sa <https://www.ccv.eu/en/2021/case-mobility-as-a-service-maas-in-public-transport/>
- 35) Chaloulakou, A., Kassomenos, P., Grivas, G., Spyrellis, N., (2005). Particulate matter and black smoke concentration levels in central Athens, Greece. *Environ. Int.* 31.
- 36) Charles H. Nilon, Myla F. J. Aronson, Sarel S. Cilliers, Cynnamon Dobbs, Lauren J. Frazee, Mark A. Goddard, Karen M. O’Neill, Debra Roberts, Emilie K. Stander, Peter Werner, Marten Winter, Ken P. Yocom. (2017). Planning for the Future of Urban Biodiversity: A Global Review of City-Scale Initiatives. *BioScience*, Volume 67, Issue 4, April 2017, Pages 332–342, <https://doi.org/10.1093/biosci/bix012>.
- 37) Cheah, L., Evans, C., Bandivadekar, A., Heywood, J. (2008). Factor of two: Halving the fuel consumption of New U.S. Automobiles by 2035. I. n *Reducing climate impacts in the transportation sector*, Cannon, J. and Sperling, D. (Eds), Springer, Dordrecht.
- 38) Chen, P. (2022). "The impact of low-carbon city pilots on carbon emission – new evidence from high-resolution carbon emission data", *Kybernetes*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/K-03-2022-0341>.
- 39) Chen, W.Y. (2017). Urban Nature and Urban Ecosystem Services. U *Advances in 21st Century Human Settlements* (str. 181–199).

- 40) Clement, S. (2021). "Nature-Based Solutions for Urban Biodiversity". Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.) *Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities – A Framework Approach for Planning and Evaluation*, Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 33-45.
- 41) Clougherty JE, Levy JI, Kubzansky LD, Ryan PB, Suglia SF, Canner MJ. (2007). Synergistic effects of traffic-related air pollution and exposure to violence on urban asthma etiology. *Environ Health Perspect.*, 115(8):1140–1146, PMID: 17687439, 10.12.
- 42) Colaninno, B., Neonato, F., Tomasinelli, F. (2021). "The Cost of Nature: Implementation, Management, and Maintenance Costs for NBS", Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.) *Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities – A Framework Approach for Planning and Evaluation*, Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 267-277. <https://doi.org/10.1108/978-1-80043-636-720211022>.
- 43) Croxford, B., Penn, A., Hillier, B. (1996). Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic. *Science of The Total Environment. Volumes 189–190*, 28 October 1996, Pages 3-9.
- 44) Cvetković, A. S., Radojčić, V. (2022). Ekonomska opravdanost primene informacionih tehnologija na stvaranje pametnih gradova. *The European Journal of Applied Economics*, 19(1), 98-109. <https://doi.org/10.5937/EJAE19-36597>.
- 45) Dakhia, K., Berezowska-Azzag, E. (2010). "Urban institutional and ecological footprint: A new urban metabolism assessment tool for planning sustainable urban ecosystems". *Management of Environmental Quality*, Vol. 21 No. 1, pp. 78-89. <https://doi.org/10.1108/14777830610650474>.
- 46) Dakhia, K., Berezowska-Azzag, E. (2010). "Urban institutional and ecological footprint: A new urban metabolism assessment tool for planning sustainable urban ecosystems". *Management of Environmental Quality*, Vol. 21 No. 1, pp. 78-89. <https://doi.org/10.1108/14777830610650474>.
- 47) Degraeuwe, B., Pisoni, E., Peduzzi, E., DeMeij, A., Monforti-Ferrario, F., Bodis, K., Mascherpa, A., Astorga-Llorens, M., Thunis, P., Vignati, E. (2019). Urban NO₂ Atlas (EUR 29943 EN). *Publications Office of the European Union: Luxembourg*, 2019.
- 48) Degraeuwe, B., Thunis, P., Clappier, A., Weiss, M., Lefebvre, W., Janssen, S., Vranckx, S. (2017). Impact of passenger car NO_x emissions on urban NO₂ pollution—Scenario analysis for 8 European cities. *Atmos. Environ.* 2017, 171, 330–337.
- 49) Deloitte. (2022). *Gearing for change*. Preuzeto sa https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3474_Future-of-mobility-gearing-for-change/DUP_Future-of-mobility-gearing-for-change.pdf
- 50) Dizdaroğlu, D., Yigitcanlar, T., Dawes, L. (2012). "A micro-level indexing model for assessing urban ecosystem sustainability". *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 1 No. 3, pp. 291-315. <https://doi.org/10.1108/20466091211287155>.
- 51) Djebabra, M., Bentarcia, T., Saadi, S., Bahmed, L. (2006). "Pollution risk management of a natural medium", *Management of Environmental Quality*, Vol. 17 No. 2, pp. 157-169. <https://doi.org/10.1108/14777830610650474>.
- 52) Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleutério, A.A., MacGregor-Fors, I., Reyes-Paecke, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D., & Hernández, H.J. (2018). Urban ecosystem Services in Latin America: mismatch between global concepts and regional realities? *Urban Ecosystems*, 22, 173-187.
- 53) Dong, C., Akram, A., Andersson, D., Arnäs, P.-O., Stefansson, G. (2021). "The impact of emerging and disruptive technologies on freight transportation in the digital era: current state and future trends". *The International Journal of Logistics Management*.
- 54) Đordjević, D., Slević, T. (2008). The contributions of high-and low altitude emission sources to the near ground concentrations of air pollutants. *Atmospheric Research*, 87(2), 170–182.
- 55) Dreamstime. (2017). Preuzeto sa <https://www.dreamstime.com/bosco-verticale-vertical-forest-pair-residential-towers-milan-italy-may-buildings-contain-more-than-trees-image169674341>
- 56) EC. (2020, 01 01). *Circular economy action plan*. Preuzeto sa https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

- 57) EEA. (2017, 02 17). *Urban and rural population in developed and less developed regions*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://www.eea.europa.eu/soer/data-and-maps/figures/urban-and-rural-population-in>
- 58) EEA. (2021). *European Union Emission inventory report 1990–2019 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. European Environment Agency. Preuzeto 03 31, 2022 sa <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emission-inventory-report-1990>
- 59) EnergyStock. (2019). The hydrogen project HyStock. <https://www.energystock.com/aboutenergystock/>.
- 60) EPA. (2023). *Mjesečni izvještaji o kvalitetu vazduha*. Preuzeto sa <https://epa.org.me/>
- 61) Euronews. (2022, 11 27). *Vienna named world's most liveable city in 2022. These 5 European cities also made the top 10*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://www.euronews.com/next/2022/06/24/vienna-named-the-worlds-most-liveable-city-these-five-european-cities-also-made-the-top-10>
- 62) EWS. (2023). Preuzeto sa <https://ews.tropmet.res.in/>
- 63) Feng, T., Huang, Y., Zhou, B. (2022). "Carbon emissions and in-building open public spaces: a case study on hypothetical building models in Shanghai". *Open House International*, Vol. 47 No. 3, pp. 451-472. <https://doi.org/10.1108/OHI-10-2021-0216>.
- 64) Florez Ayala, D.H., Alberton, A., Ersoy, A. (2022). Urban Living Labs: Pathways of Sustainability Transitions towards Innovative City Systems from a Circular Economy Perspective. *Sustainability* 2022, 14(16), 9831, <https://doi.org/10.3390/su14169831>.
- 65) Florida,R. (2019, 09 19). *Maps Reveal Where the Creative Class Is Growing*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-07-09/maps-reveal-where-the-creative-class-is-growing>
- 66) Foguesatto, C.R., Volkmer Martins, B., Tavares da Silveira, F.A., Faccin, K., Balestrin, A. (2022). "The quality of life in an urban innovation ecosystem: analyzing talents' perception in Southern Brazil",. *International Journal of Innovation Science*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJIS-05-2022-0093>.
- 67) Francés, R.S., Valle, S.G., Rueda, N.G., Lucchitta, B. Croci, E. (2021). "An Evaluation Framework to Assess Multiple Benefits of NBS: Innovative Approaches and KPIs", Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.). *Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities*.
- 68) Friess, D.A. (2017). Singapore as a long-term case study for tropical urban ecosystem services. *Urban Ecosystems*, 20, 277-291.
- 69) Fuks, K., Moebus, S., Hertel, S. (2011). Long-term urban particulate air pollution, traffic noise, and arterial blood pressure. *Environ. Health Perspect.*, 119 (12), pp. 1706-1711.
- 70) Gondhalekar, D., Akhtar, A., Keilmann, P., Kebschull, J., Nussbaum, S., Dawa, S., Namgyal, P., Tsultim, L., Phuntsog, T., Dorje, S., Mutup, T., Namgail, P. (2014). Drops and Hot Stones: Towards Integrated Urban Planning in Terms of Water Scarcity and Health Issues in Leh Town, Ladakh, India". *Ecological Health: Society, Ecology and Health (Advances in Medical Sociology*, Vol. 15), Emerald Group Publishing Limited, Bingley, pp. 173-193.
- 71) Grafius, D.R., Corstanje, R., Warren, P., Evans, K.L., Hancock, S., Harris, J. (2016). The impact of land use/land cover scale on modelling urban ecosystem services. *Landscape Ecology*, 31, 1509-1522.
- 72) GreenBlue. (2017, 08 03). *How Trees Increase Property Values*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://greenblue.com/na/how-trees-increase-property-values/>
- 73) Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. (2020). The importance of urban natural areas and urban ecosystem services during the COVID-19 pandemic. *PLoS ONE*, 15.
- 74) GSP. (2021). *Statistika*. Preuzeto 06 02, 2022 sa <https://www.gsp.rs/statistika.aspx>
- 75) Hamilton,J. (2021, 03 16). *Electric vehicles – setting a course for 2030*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://mobex.io/webinars/electric-vehicles-setting-a-course-for-2030/>

- 76) He, Z. (2020). "The challenges in sustainability of urban freight network design and distribution innovations: a systematic literature review", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 50 No. 6, pp. 601-640. <https://doi.org/10.1108/IJPD-07-2020-0052>.
- 77) HEAL. (2020). *Air pollution and health in Western Balkan cities*. Preuzeto 05 18, 2022 sa <https://www.env-health.org/air-pollution-and-health-in-western-balkan-cities/#1528198360361-d0c48b01-9fca59a1-766c>
- 78) Holnicki, P., Kałuszek, A., Nahorski, Z. (2021). Analysis of emission abatement scenario to improve urban air quality. *Arch. Environ. Prot.*, 2021, 47, 103–114.
- 79) Holnicki, P., Tainio, M., Kałuszek, A., Nahorski, Z. (2017). Burden of mortality and disease attributable to multiple air pollutants in. *Warsaw, Poland. Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 1359.
- 80) Hooftman, N., Oliveira, L., Messagie, M., Coosemans, T., Van Mierlo, J. (2016). Environmental analysis of petrol, diesel and electric passenger cars in a Belgian urban setting. *Energies* 9: 84. <https://doi.org/10.3390/en9020084>.
- 81) Horgan, D., Baum, T. (2022). "Addressing dereliction and devaluation in urban tourism: the case of Cork, Ireland", *International Journal of Tourism Cities*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJTC-07-2021-0152>.
- 82) Houston, D., Wu, J., Ong, P., Winer, A. (2004). Structural Disparities of Urban Traffic in Southern California: Implications for Vehicle-Related Air Pollution Exposure in Minority and High-Poverty Neighborhoods. *Journal of Urban Affairs* Volume 26, Issue 5.
- 83) Hua, L., Shao, G., Zhao, J. (2017). A concise review of ecological risk assessment for urban ecosystem application associated with rapid urbanization processes. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24, 248 - 261.
- 84) Huang, W., Guo, Y., Xu, X. (2020). Evaluation of real-time vehicle energy consumption and related emissions in China: A case study of the Guangdong-Hong Kong-Macao greater Bay Area. *J. Clean. Prod.* 263: 121583. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.12.121>.
- 85) ICCT. (2019). *NEW STUDY QUANTIFIES THE GLOBAL HEALTH IMPACTS OF VEHICLE EXHAUST*. Preuzeto 03 22, 2022 sa <https://theicct.org/new-study-quantifies-the-global-health-impacts-of-vehicle-exhaust/>
- 86) IEEP. (2023). *Climate and Circular Economy*. Preuzeto sa <https://ieep.eu/industrial-pollution-and-chemicals/>
- 87) Ilievska-Kostadinović, M. (2015). *Obrazovanje kadrova u oblasti saobraćaja u funkciji održivog razvoja- doktorska disertacija*. Zaječar: Fakultet za menadžment.
- 88) Indicators. (2023). 70. *Area of public and green space as a proportion of total city space*. Preuzeto sa <https://indicators.report/indicators/i-70/>
- 89) IQair. (2023). Preuzeto sa <https://www.iqair.com>
- 90) Ives, M. (2013, 12 16). *Singapore Takes the Lead In Green Building in Asia*. Preuzeto 01 01, 2023 sa https://e360.yale.edu/features/singapore_takes_the_lead_in_green_building_in_asia
- 91) Izveštaj. (2021). *Klimatske promene*. Preuzeto 05 20, 2022 sa <https://www.klimatskepromene.rs/category/izdvajamo/page/5/>
- 92) Izveštaj SEPA. (2020). *Izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Srbiji za 2020*. http://www.sepa.gov.rs/download/izv/Vazduh_2020.pdf.
- 93) Jacob, B., Cottineau, L. M. (2016). Weigh-in-motion for Direct Enforcement of Overloaded Commercial Vehicles. *Transp. Res. Procedia*, 14, 1413–1422.
- 94) Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., Karoń, G. (2017). Noise and environmental pollution from transport: decisive problems in developing ecologically efficient transport systems. *JVE Journal*, 5639-5655.
- 95) Jang, C.-L., Hsiao, L.H.C. and Yeh, S.-P. (2018). "A Study of the Relationships Between Urban Development and Environmental Quality", *Open House International*, Vol. 43 No. 2, pp. 33-39. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2018-B0006>.

- 96) Janojlić, M., Janojlić, D., Antonić, Z. (2008). Primena globalnog sistema za pozicioniranje u JP PTT saobraćaja „Republika Srbija“. Niš: *Treći srpski simpozijum sa međunarodnim učešćem, Transport i logistika*.
- 97) Jereb,B.et al. (2018). Exposure to Black Carbon during Bicycle. *Atmosphere* 2018, 9(1), 21, <https://doi.org/10.3390/atmos9010021>.
- 98) Jimenez, F., Roman, A., (2016). Urban bus fleet-to-route assignment for pollutant emissions minimization. *Transport. Res. Part E: Logistics Transport. Rev.* 85, 120–131.
- 99) Jovanovic,M.M. (2016). Belgrade’s Urban Transport CO2 Emissions from an International Perspective. *Pol. J. Environ. Stud.* 2016,25(2):635–646.
- 100) Jović,J.,Đorić,V. (2009). Application of transport demand modeling in pollution estimation of a street network. *Thermal Science*, 13(3), 229–243.
- 101) Kellogg, S.T. (2021). *Urban Ecosystem Justice*.
- 102) Khuong,M., McKenna,P., Fichtner, W. (2019). "Multi-level decomposition of ASEAN urbanization effects on energy", *International Journal of Energy Sector Management*, Vol. 13 No. 4, pp. 1107-1132. <https://doi.org/10.1108/IJESM-12-2018-0002>.
- 103) Kleinaltenkamp, M., Corsaro, D., Sebastiani, R. (2018). "The role of proto-institutions within the change of service ecosystems", *Journal of Service Theory and Practice*, Vol. 28 No. 5, pp. 609-635. <https://doi.org/10.1108/JSTP-12-2017-0241>.
- 104) Klimas, E., Lideika, M. (2018). "Sustainable development: greening and urban agriculture in Lithuania",. *Journal of Property, Planning and Environmental Law*, Vol. 10 No. 3, pp. 240-254. <https://doi.org/10.1108/JPEL-03-2017-0010>.
- 105) Kremer, P., Hamstead, Z.A., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabisch, N., Larondelle, N., Rall, E.L., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez-Baggethun, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J. (2016). Key insights for the future of urban ecosystem services research. *Ecology and Society*, 21, 29.
- 106) Kumar, S., Sahay, A. (2022). "Maruti Suzuki India Limited: toward cleaner mobility". Vol. 12 No. 2. <https://doi.org/10.1108/EEMCS-01-2022-0015>.
- 107) Kuoppamaki, K., Setälä, H., Rantalainen, AL., Kotze, J. (2014). Urban snow indicates pollution originating from road traffic. *Environmental Pollution. Volume 195, December 2014, Pages 56-63*.
- 108) La Notte, A., Zulian, G. (2021). "An Ecosystem Services-Based Approach to Frame NBS in Urban Context", Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.) *Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities – A Framework Approach for Planning and Evaluation*, Emerald Publ.
- 109) Laborda,J. (2021, 09 02). *A New Data-Driven Mobility Future for Cities: Ways to Get There* Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://www.autonomy.paris/a-new-data-driven-mobility-future-for-cities-ways-to-get-there/>
- 110) Lesueur Jannoyer,M., Cattan,P., Woignier,T., Clostre,F. (201). *Crisis Management of Chronic Pollution: Contaminated Soil and Human Health*. Routledge.
- 111) Li, H., Xia, Q., Wang, L., Ma, Y. (2020). "Sustainability assessment of urban water environment treatment public-private partnership projects using fuzzy logic", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 18 No. 5, pp. 1251-1267. <https://doi.o>.
- 112) Liang, D., de Jong, M., Schraven, D., Wang, L. (2021). Mapping key features and dimensions of the inclusive city: A systematic bibliometric analysis and literature study. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 29, 60 - 79.
- 113) Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A., Sasaki, R., Abson, D.J., Lang, D.J., Wamsler, C., Wehrden, H.V. (2015). A review of urban ecosystem services: six key challenges for future research. *Ecosystem services*, 14, 98-112.
- 114) Maksin,M., Ristić,V. (2020). *Prostorno planiranje i zaštita životne sredine*. Beograd: Univerzitet Metropolitan, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura.

- 115) Mansour,A.,Aljamil,H. (2021). Investigating the Effect of Traffic Flow on Pollution,Noise for Urban Road Network *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 961 (2022) 012067, doi:10.1088/1755-1315/961/1/012067.
- 116) Marchiori, M. (2018). Bins With Eyes: Towards a More Efficient Urban Ecosystem. 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Sajber. *Physical and Social Computing (CPSCoM) and IEEE Smart Data (SmartData)*, 419-426.
- 117) Marinković, D., Milanović, P., Popović, Z., Jelić, M., Nešić, G.. (2011). Процена емисије издувних гасова моторних возила у Србији у периоду 2001-2020. XIII *Yucorr Међународна конференција "Размена искуства на подручју корозије, заштите материјала и*.
- 118) McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. (2015). Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem services*, 12, 152-156.
- 119) McPhearson, T., Hamstead, Z.A., & Kremer, P. (2014). Urban Ecosystem Services for Resilience Planning and Management in New York City. *Ambio*, 43, 502 - 515.
- 120) Mediavilla-Sahagún, A., ApSimon, H.M. (2006). Urban scale integrated assessment for London: Which emission reduction strategies are more effective in attaining prescribed PM10 air quality standards by 2005? *Environ. Model. Softw.* 2006, 21, 501–513.
- 121) Mendes de Alencar Filho, F., Monteiro de Abreu, L. (2007). "An alternate methodology for the evaluation of the performance of basic sanitation: Application of the factorial analysis", *Management of Environmental Quality*, Vol. 18 No. 1, pp. 22-35. <https://doi.org/10.1080/10439860600571411>.
- 122) Mihajlović, P., Stošić, Lj. (2016). Urbani menadžment i upravljanje životnom sredinom u gradu u uslovima permanentnog intenziviranja saobraćaja. *Subotica: Contemporary achievements in civil engineering* 22. April 2016. str. 957-966.
- 123) Mihajlović, P., Stošić, Lj. (2016). Urbani menadžment i upravljanje životnom sredinom u gradu u uslovima permanentnog intenziviranja saobraćaja, *Contemporary achievements in civil engineering* 22. April 2016. Subotica, SERBIA, str. 957-966.
- 124) Mijailović,R. (2011). EMISIJA CO₂ PUTNIČKIH AUTOMOBILA U SRBIJI. *UNIVERZITET U BEOGRADU – SAOBRAĆAJNI FAKULTET*.
- 125) Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S. (2009). *Ekološki aspekta korišćenja motornih vozila*. <http://www.cqm.rs/2009/pdf/4/02.pdf>.
- 126) Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S. (2009). *Ekološki aspekta korišćenja motornih vozila*. Preuzeto sa: <http://www.cqm.rs/2009/pdf/4/02.pdf>
- 127) Mitra, S., Kumar, H., Gupta, M.P., Bhattacharya, J. (2022). "Entrepreneurship in smart cities: Elements of Start-up Ecosystem". *Journal of Science and Technology Policy Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-0>.
- 128) Momčilović, V., Simičević, J. (2018). Politika parkiranja kao instrument za smanjenje štetnih emisija putničkih automobila. *Put i saobraćaj*, LXIV, 4/2018, 39-42.
- 129) Momčilović, V., Simičević, J. (2018). Politika parkiranja kao instrument za smanjenje štetnih emisija putničkih automobila. *Put i saobraćaj*. LXIV. 4/2018: 39-42.
- 130) Muggah,R., Goodman,M. (2019, 09 19). *Cities are easy prey for sajbercriminals. Here's how they can fight back*. Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://igarape.org.br/cities-are-easy-prey-for-sajbercriminals-heres-how-they-can-fight-back/>
- 131) Mulas, V., Minges, M., Applebaum, H.. (2015). *Boosting Tech Innovation Ecosystems in Cities: A Framework for Growth and Sustainability of Urban Tech Innovation Ecosystems*. World Bank, Washington, DC.
- 132) NationalParks. (2017, 01). Preuzeto 01 01, 2023 sa <https://www.nparks.gov.sg/~/-/media/nparks-real-content/about-us/annual-report/archive/2007-2008/contentpage.pdf>
- 133) Nazari, M.E., Zarrini Farahmand, M. (2021). "A new operation strategy of PEV parking and hydro storage in smart grid environment", *International Journal of Energy Sector Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 224-247. <https://doi.org/10.1108/IJESM-05-2020-0019>.

- 134) Nguyen, N.P., Mogaji, E. (2022). "Information Technology for Enhancing Transportation in Developing Countries", *Chemma, N., El Amine Abdelli, M., Awasthi, A. and Mogaji, E. (Ed.) Management and Information Technology in the Digital Era (Advanced Series.*
- 135) Nielsen, S.B., Sarasoja, A.-L. and Galamba, K.R. (2016). "Sustainability in facilities management: an overview of current research", *Facilities*, Vol. 34 No. 9/10, pp. 535-563. <https://doi.org/10.1108/F-07-2014-0060>.
- 136) Oiamo, T., Johnson, M., Tang, K., Luginaah, I. (2015). Assessing traffic and industrial contributions to ambient nitrogen dioxide and volatile organic compounds in a low pollution urban environment. *Science of the total environment. Volume 529.*
- 137) Pal, A.K., Sengupta, A. (2023). "A Joyless City: Long-Run Trend of Air Pollution Levels of Kolkata, India",. *Kumar Pal, M. (Ed.) The Impact of Environmental Emissions and Aggregate Economic Activity on Industry: Theoretical and Empirical Perspectives, Emerald Publishing Limited, Bingley*, pp. 331-341. <https://doi.org/10.1108/978-1-80382-577-920231023>.
- 138) Parves Rana, M. (2009). "Sustainable city in the global North and South: goal or principle?". *Management of Environmental Quality*, Vol. 20 No. 5, pp. 506-521. <https://doi.org/10.1108/14777830910981195>.
- 139) Penco, L., Ivaldi, E., Ciacchi, A. (2021). "Entrepreneurial ecosystem and well-being in European smart cities: a comparative perspective", *The TQM Journal*, Vol. 33 No. 7, pp. 318-350. <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2021-0097>.
- 140) Pešić, R., Petković, S., Veinović, S. (2008). *Motorna vozila i motori – oprema*. Banja Luka – Kragujevac 2008.
- 141) Pirić, S., Aleksopoulos, H., Ilić, V. (2018). Aerozagađenje kao faktor rizika po zdravlje stanovništva grada Kragujevca. *Sestrinska reč*, 21(76), 28-33. <https://doi.org/10.5937/SestRec1876028P>.
- 142) Platt, J. (2015, 08 04). *The Four-word Business Case for Green Building*. Preuzeto 01 01, 2023 sa https://www.huffpost.com/entry/the-fourword-business-case_b_7927616
- 143) Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. (2021). "Valuation of Urban Ecosystem Services as NBS". *Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.) Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities – A Framework Approach for Planning and Evaluation, Emerald Publishing Limited*,
- 144) Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. (2021). "Valuation of Urban Ecosystem Services as NBS", *Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.) Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities – A Framework Approach for Planning and Evaluation, Emerald Publishing Limited*,
- 145) Pouso, S., Gómez-Baggethun, E. (2021). "Valuation of Urban Ecosystem Services as NBS", *Croci, E. and Lucchitta, B. (Ed.) Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities – A Framework Approach for Planning and Evaluation, Emerald Publishing Limited*, 199-210.
- 146) Prohaska, I., Ristić, V. (2023). Reduction of CO NO_x PM and HC emissions with less use of private vehicles and more use of public vehicle: a case study of Belgrade. *Volume 32– No. 01/2023 pages 524-531 Fresenius Environmental Bulletin*.
- 147) Radivojević, D., Stanković, S., Čelar, N., Vukanović, S. (2017). Sistemi za adaptibilno upravljanje saobraćajem na gradskoj mreži. *Tehnika (saobraćaj). Broj 64: 98-106*.
- 148) Radivojević, D., Stanković, S., Čelar, N., Vukanović, S. (2017). *Sistemi za adaptibilno upravljanje saobraćajem na gradskoj mreži, Tehnika (saobraćaj), Broj 64, Beograd, 98-106*.
- 149) Radosavljević, J. (2008). *Urbana ekologija*. Fakultet zaštite na radu.
- 150) RERI. (2020). <https://www.reri.org.rs/sta-smo-disali-izmedju-dva-septembra-prikaz-godisnjeg-izvestaja-o-stanju-kvaliteta-vazduha-u-republici-srbiji-za-2020-godinu/>. Regulatorni institut za obnovljivu energiju i životnu sredinu.
- 151) Ristić, V. (2020). *Ambijentalna ekologija*. Beograd: Univerzitet Metropolitan, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura.

- 152) Rith, M., Fillone, A.M., Biona, J.B.M.M. (2020). Energy and environmental benefits and policy implications for private passenger vehicles in an emerging metropolis of Southern Asia—A case study of Metro Manila. *Appl. Energy* 2020, 275, 115240. [CrossRef] [PubMed].
- 153) Rith, M., Fillone, A.M., Biona, J.B.M.M. (2020). Energy and environmental benefits and policy implications for private passenger vehicles in an emerging metropolis of Southern Asia. *A case study of Metro Manila. Appl. Energy* 2020, 275, 115240.
- 154) Roblek, V., Dimovski, V., Meško, M., Peterlin, J. (2022). Socio-Sajber-Ecosystems during the COVID-19 Pandemic: Processes Performance Analysis. *SSRN Electronic Journal*.
- 155) Roundy, P.T. (2017). "Small town" entrepreneurial ecosystems: Implications for developed and emerging economies", *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, Vol. 9 No. 3, pp. 238-262. <https://doi.org/10.1108/JEEE-09-2016-0040>.
- 156) Rys,D., Judycki,J., Jaskula,P. (2016). Analysis of effect of overloaded vehicles on fatigue life of flexible pavements based on weigh in motion (WIM) data. *Int. J. Pavement Eng.* 2016, 17, 716–726, 716–726.
- 157) Rzevski, G., Kozhevnikov, S.A., Svítek, M. (2020). Smart City as an Urban Ecosystem. *2020 Smart City Symposium Prague (SCSP)*, 1-7.
- 158) Sagheb, A., Esra'a, A., Ehsan, V. (2021). "Valuing traffic emissions' effect on historic buildings: environmental assessment to promote historic buildings' sustainability",. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, Vol. ahead of-print. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-02-2021-0032>.
- 159) Santos, D. (2022). "Building entrepreneurial ecosystems: the case of Coimbra". *Journal of Science and Technology Policy Management*, Vol. 13 No. 1, pp. 73-89. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-02-2020-0028>.
- 160) Sbicca,J. (2019). "Urban Agriculture, Revalorization, and Green Gentrification in Denver, Colorado", *The Politics of Land (Research in Political Sociology*, Vol. 26), Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 149-170. <https://doi.org/10.1108/S0895-99352019>.
- 161) Schwela, D., Zali, O. (1999). *Urban Traffic Pollution*. New York: WHO.
- 162) Scyphers, S.B., Lerman, S.B. (2014). "Residential Landscapes, Environmental Sustainability and Climate Change". *From Sustainable to Resilient Cities: Global Concerns and Urban Efforts (Research in Urban Sociology*, Vol. 14), Emerald Group Publishing.
- 163) SEPA. (2010). Preuzeto 05 12, 2022 sa <http://www.sepa.gov.rs/download/COPERT.pdf>
- 164) SEPA. (2023). *OBJEDINJENI PRIKAZ AUTOMATSKOG MONITORINGA KVALITETA VAZDUHA U REPUBLICI SRBIJI*. Preuzeto sa <http://www.sepa.gov.rs/>
- 165) Serpen, G., Debnath, J. (2019). "Design and performance evaluation of a parking management system for automated, multi-story and robotic parking structure",. *International Journal of Intelligent Computing and Sajbernetics*, Vol. 12 No. 4, pp. 444-465. [htt.](http://)
- 166) Shammut, M., Cao, M., Zhang, Y., Papaix, C. and Gao, Y.L. (2019). Banning diesel vehicles in London: Is 2040 too late? *Energies* 12: 3495. <https://doi.org/10.3390/en12183495>.
- 167) Sharma, P., Ghosh, A., Patra, P. (2022). "Statistical assessment of COVID-19 lockdowns on ambient air quality, Himachal Pradesh and learnings for implementing clean technologies: insight from industrial town, India", *Management of Environmental Quality*.
- 168) Shehab, M.,Pope, F. (2019). Effects of short-term exposure to particulate matter air pollution on cognitive performance. *Sci. Rep.* 9: 8237. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44561-0>.

- 169) Shehab,M., Pope,F. (2019). Effects of short-term exposure to particulate matter air pollution on cognitive performance. *Sci. Rep.* 9: 8237. <https://doi.org/10.1038/s 41598-019-44561-0>.
- 170) Smardon, R.C. (2008). "A comparison of Local Agenda 21 implementation in North American, European and Indian cities". *Management of Environmental Quality*, Vol. 19 No. 1, pp. 118-137. <https://doi.org/10.1108/14777830810840408>.
- 171) Sood, S., Sood, V., Bansal, R. and John, S. (2013). "Further insights into the role of land use in urban stormwater pollution", *Management of Environmental Quality*, Vol. 24 No. 1, pp. 64-81. <https://doi.org/10.1108/14777831311291140>.
- 172) Srivastava, N., Prashar, S., Surjan, A., Shaw, R. (2012). "Redefining Urban ecosystems". *Uy, N. and Shaw, R. (Ed.) Ecosystem-Based Adaptation (Community, Environment and Disaster Risk Management*, Vol. 12), Emerald Group Publishing Limited, Bingley, pp.
- 173) Stanislaus,A.,Marafi,A.,Rana,M.S. (2010). Recent advances in the science and technology of ultra low sulphur diesel (ULSD) production. *Catal. Today* 153: 1–68. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.05.011>, 1-68.
- 174) Stanković, S., Tadić, Z., Vasković, V., Ljubojević, M. (2019). Upotreba ICT na optimizaciji saobraćajnih tokova i protočnosti sistema javnog gradskog transporta putnika. *IIPP*, 8 (2010)1,170, 27-32.
- 175) Statista. (2023). Preuzeto sa <https://www.statista.com/>
- 176) Sunita, Kumar, D., Shekhar, S. (2021). Developing an Approach for Assessing Urban Blue-Green Spaces Towards Sustainable Urban Growth Through Retrospective Sajber Metrics Analysis of Operational Estimations Approaches. *Journal of Landscape Ecology*, 14, 12.
- 177) Tainio, M., de Nazelle, A.J., Götschi, T., Kahlmeier, S., Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M.J., de Sá, T.H., Kelly, P., Woodcock, J. (2016). Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? *Prev. Med.* , 233–236.
- 178) Tan, P.Y., Zhang, J., Masoudi, M., Alemu, J.B., Edwards, P.J., Grêt-Regamey, A., Richards, D.R., Saunders, J.E., Song, X.P., & Wong, L. (2020). A conceptual framework to untangle the concept of urban ecosystem services. *Landscape and Urban Planning*, 200.
- 179) Taranaki,V. (2018). *Hydrogen Taranaki Roadmap, Tapuae Roa Project*, 68,. Preuzeto 2022 sa <http://about.taranaki.info/Taranaki2050/Work-Group-Files/H2-Taranaki-Roadmap.pdf>.
- 180) Tavares, P.A., Beltrão, N.E., Guimarães, U.S., Teodoro, A.C., Gonçalves, P. (2019). Urban Ecosystem Services Quantification through Remote Sensing Approach: A Systematic Review. *Environments*.
- 181) Tennet. (2018). *Gasunie, TenneT and Thyssengas reveal detailed, green ‘sector coupling’ plans using power-to-gas technology*". Preuzeto sa www.tennet.eu/news/detail/gasunie-tennet-and-thyssengas-revealdetailed-green-sector-coupling-plans-using-power-to-gas-tec/
- 182) ThoughtLab. (2022). *Smart City Solutions for a Riskier World*. Preuzeto sa <https://thoughtlabgroup.com/wp-content/uploads/2021/03/Smart-City-Solutions-eBook-.pdf>
- 183) Tivy, J. (2016). *Biogeography. A Study of Plants in the Ecosphere*.
- 184) Transportpolicy. (2022). *EU: AIR QUALITY STANDARDS*. Preuzeto sa <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-air-quality-standards/>
- 185) UNEP. (2023, 01). *Solid waste management*. Preuzeto sa <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management>
- 186) Vešović, V., Vešović, P. (2018). Novi pristupi u obrazovanju kadrova za strateški razvoj saobraćaja. *Tehnika- menadžment. Broj 5*: 696-705.
- 187) Vračarević, B. (2019). *Održivi urbani razvoj i determinante potrošnje energije u saobraćaju gradova: teorijsko-empirijska analiza*. - doktorska disertacija. Beograd: Ekonomski fakultet.

- 188) Vranjanac, Ž., Stojanović, J. (2015). The impact of traffic on air quality at the intersection streets in Niš. *International May Conference on Strategic Management - IMKSM2015, 29-31 May 2015, Bor, Serbia, pp.887-895.*
- 189) Vural, H., Akbana, A., Meral, A. (2021). "The effect of heavy metal pollution on urban ecosystem and the evaluation of different land classifications, in Bingöl city/Turkey". *Management of Environmental Quality, Vol. 32 No. 5, pp. 886-901. <https://doi.org/10.1108/MEQ-07-2020-0>.*
- 190) Wang, T., Xie, S. (2009). Assessment of traffic-related air pollution in the urban streets before and during the 2008 Beijing Olympic Games traffic control period. *Atmospheric environment. Volume 43, Issue 35, November 2009, Pages 5682-5690.*
- 191) WB. (2021, 03 01). Preuzeto sa <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.PM25.MC.M3?locations=RS>
- 192) WCO. (2021). *WHO Air Quality Guidelines 2021–Aiming for Healthier Air for all: A Joint Statement by Medical, Public Health, Scientific Societies and Patient Representative Organisations.* Preuzeto sa <https://www.ssph-journal.org/articles/10.3389/ijph.2021.1604465/full>
- 193) Wei, S., Cheng, S. (2022). An artificial intelligence approach for identifying efficient urban forest indicators on ecosystem service assessment. *Frontiers in Environmental Science Volume 10 - 2022 | <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.994389>.*
- 194) Wei, Y.-M., Liang, Q.-M., Wu, G., Liao, H. (2019). "Energy Consumption and Public Health in China". *Energy Economics, Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 339-376. <https://doi.org/10.1108/978-1-83867-293-520191015>.*
- 195) WHO. (2015). *WHO. Database on Source Apportionment Studies for Particulate Matter in the Air (PM10 and PM2.5).* Preuzeto 04 2022 sa <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/source-apportionment-db>
- 196) WHO. (2022). *Drinking-water.* Preuzeto sa <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- 197) Wiesel, P.G., Dresch, E., de Santana, E.R.R., Lobo, E.A. (2021). "Urban afforestation and its ecosystem balance contribution: a bibliometric review". *Management of Environmental Quality, Vol. 32 No. 3, pp. 453-469. <https://doi.org/10.1108/MEQ-07-2020-0>.*
- 198) Wilkerson, M.L., Mitchell, M.G., Shanahan, D.F., Wilson, K.A., Ives, C.D., Lovelock, C.E., Rhodes, J.R. (2018). The role of socio-economic factors in planning and managing urban ecosystem services. *Ecosystem Services.*
- 199) Wu, L., Ci, Y., Wang, Y., Chen, P. (2020). Fuel consumption at the oversaturated signalized intersection considering queue effects: A case study in Harbin, China. *Energy 192: 116654. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116654>.*
- 200) Yao, L., Li, X., Zheng, R., & Zhang, Y. (2022). The Impact of Air Pollution Perception on Urban Settlement Intentions of Young Talent in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19.*
- 201) Yli-Pelkonen, V. (2013). "Importance of recreational ecosystem services in Helsinki, Finland". *Management of Environmental Quality, Vol. 24 No. 3, pp. 365-382. <https://doi.org/10.1108/14777831311322668>.*
- 202) Zavodzastatistiku. (2022, 03 18). *Registrovana drumska motorna i priključna vozila i saobraćajne nezgode na putevima, 2021.* Preuzeto sa <https://www.stat.gov.rs/sr-latn/vesti/20220318-registrovana-drumska-motorna-i-prikljucna-vozila-i-saobracajne-nezgode-na-putevima-2021/?s=1502>
- 203) Zhu, Y., Mao, C., Jia, Q., Barnes, S.J., & Yao, Q. (2022). Building Better Cities: Evaluating the Effect of Circular Economy City Construction on Air Quality via a Quasi-Natural Experiment. *Journal of Environmental and Public Health, 2022.*

Internet izvori:

- 1) https://www.chicago.gov/city/en/depts/cdph/provdrs/healthy_communities/svcs/healthy-chicago-2025.html)
- 2) <https://fcc.gov.sl/transform-freetown/>).
- 3) <https://www.paris.fr/dossiers/paris-ville-du-quart-d-heure-ou-le-pari-de-la-proximite-37>)
- 4) <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371128>).
- 5) <https://www.scientificamerican.com/article/los-angeles-accelerates-efforts-to-electrify-its-infamous-traffic/>)
- 6) <https://eurocities.eu/cities/espoo/>).
- 7) <https://english.seoul.go.kr/policy/key-policies/city-initiatives/1-sharing-city/>).
- 8) <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme>).
- 9) https://ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-prizes/european-capital-innovation-awards/meet-winners-2021-european-capital-innovation-awards/second-place-cascais-portugal_en).
- 10) <https://techcrunch.com/2020/02/11/israels-maturing-sajbersecurity-startup-ecosystem/>)
- 11) <https://www.miovision.com/case-studies/waterloo>).
- 12) <https://www.swarco.com/products/software/urban-traffic-management/peek-traffic-imflow>).
- 13) <https://insights.globalspec.com/article/8105/japan-to-launch-ai-system-to-predict-crime>).
- 14) <https://www.ericsson.com/4a1ed6/assets/local/reports-papers/industrylab/doc/pre-emptive-logistics-report.pdf>).
- 15) <https://vivacitylabs.com/greater-manchester-chooses-vivacity-labs-to-deploy-ai-controlled-road-junctions-to-optimize-traffic-networks/>)
- 16) <https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/driving/ERP/ERP.html>)